

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Návrh vibračního podavače

Concept of Vibratory Feeder

Student

Bc. Petr Fiala

Vedoucí práce

doc. Ing. Jiří Fries Ph.D.

Ostrava 2019

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petr Fiala**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 70 Zemní, těžební a stavební stroje
Téma: **Návrh vibračního podavače**
Concept of Vibratory Feeder
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

V rámci diplomové práce zpracujete rešerši dané problematiky. Dále vypracujete popis současného stavu techniky v dané oblasti. Navrhněte variantní řešení vibračního podavače pro konkrétní normalizované součástky tak, aby docházelo k požadovanému podávání a orientaci dílů do jednotné polohy, před jejich dalším zpracováním. Pro optimální navržené konstrukční řešení proveďte pevnostní a případně také kinematické a další nutné výpočty a analýzy. Dále zpracujte výkresovou dokumentaci v požadovaném rozsahu. Detailní specifikaci provozních, manipulačních a dalších parametrů určí zadavatel práce – DERUTEX s.r.o.

Seznam doporučené odborné literatury:

JERÁBEK, K. *Metodika navrhování strojů*. 1. vydání, Praha: Ediční středisko ČVUT v Praze, 1999. 119 s.
LEINVEBER, J. - ŘASA, J. - VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Praha: Scientia, 1999. ISBN 80-7183-164-6
KALÁB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře - části spojovací*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-TUO, Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1290-8
ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: ČNI, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.**

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Abstrakt

V této diplomové práci je představen koncept vibračního podavače pro podávání normalizovaných dílů menších rozměrů jako jsou šrouby, matice a podložky. Zařízení je navrženo pro podávání a orientaci součástí na pracovištích linek. Práce je rozdělena na část teoretickou, konstrukční a výpočetní.

Klíčová slova

Vibrační podavač, miskový podavač, lineární podavač, návrh podavače, druhy podavačů

Abstract

In this work is introduced concept of vibratory feeder for feeding mechanical components with smaller dimensions like bolts, nuts and washers. This device is designed for feeding and orientation of components at workplaces in factory. The work is divided on theoretical part, construction part and calculation part.

Keywords

vibratory feeder, bowl feeder, linear feeder, feeder concept, types of feeders

Bibliografická citace

FIALA, P. *Návrh vibračního podavače*. Ostrava, 2019. Diplomová práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování. 52 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Fries Ph.D.

Čestné prohlášení


Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením konstruktérů ze společnosti DERUTEX s.r.o. a doc. Ing. Jiří Fries Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Ostravě dne 20.5.2019

Prohlašuji, že

- jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu,
- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo,
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3),
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO,
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona,
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 20. 5. 2019


.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Petr Fiala

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Závišice 172

Poděkování

Tímto děkuji vedoucímu mé diplomové práce panu docentu Ing. Jiřímu Friesovi, Ph.D. za odborné vedení, pomoc a rady při zpracování, dále panu Ing. Davidu Šeděnkovi za pomoc při experimentech a v neposlední řadě panu Ing. Šimonu Marečkovi z firmy DERUTEX s.r.o. za pomoc s konstrukční částí mé závěrečné práce.

Obsah

1. Úvod	9
2. Rešerše dané problematiky	10
2.1 Rozdělení podavačů podle mechanismu vynášení součástí	10
2.2 Druhy vibračních podavačů	12
2.3 Principy vyvození vibrací	14
2.4 Druhy nádob vibračních miskových podavačů	17
2.5 Druhy podávaných součástí	18
2.6 Variantní řešení podávacích mechanismů	19
2.7 Firmy zabývající se vibračními podavači na území ČR	21
2.8 Firmy mimo ČR	22
2.9 Patentová rešerše	23
3. Analýza dané problematiky	27
3.1 Miskové vibrační podavače popisná část	27
3.2 Výpočtová část	29
3.3 Experimentální část	36
4. Řešení – konstrukční návrh	39
5. Závěr	44
6. Seznam použitých značek a symbolů	45
7. Seznam použité literatury a zdroje informací	47
7.1 Literatura	47
7.2 Patenty	48
7.3 Obrázky	49
8. Seznam výkresové dokumentace	51
9. Přílohy	52

1. Úvod

Vibrační podavač je zařízení určené k orientaci, třídění a podávání normalizovaných součástí. Tento stroj se nevyskytuje samostatně, nýbrž bývá součástí jiných technologických zařízení a pracovišť. Můžeme jej nalézt v prostoru robotického manipulátoru, stejně tak jej lze umístit do „lidského“ pracovního prostoru linky. Zařízení se vyskytuje v mnoha verzích a rozměrech, záleží jen na podávané součásti a zástavbovém prostoru. Sami výrobci nabízejí jednotlivé díly podavačů a zákazník je schopen si celý stroj nakonfigurovat podle sebe.

Zařízení pracuje automaticky a kontinuálně, obsluha je zaučena na běžné úkony jako zapnutí a vypnutí stroje, nastavování rychlosti je prováděno v závislosti na technologickém procesu. Stroj je určen k podávání různých běžně užívaných součástek jako jsou: šrouby, matice, podložky, ale může pracovat také se specifickými součástmi jako jsou víčka, jednoduché plastové díly, kuličky nebo krytky. Lze tedy říci, že hlavním dopravovaným prvkem je spojovací materiál menších rozměrů, který z podavače vystupuje naorientován a je připraven k přímému odběru nástrojem.

Využitím podavačů na pracovištích je zvyšována automatizace procesů, jsou zkracovány montážní časy a snižovány finanční náklady na výrobu jednoho kusu produktu.

Výrobou vibračního podavače se zabývá mnoho firem, ale i tak, v dnešní době automatizace, nestíhají zásobovat všechny své potenciální zákazníky. Tento fakt byl impulzem k tomu, dozvědět se něco více o tomto zařízení, a pokusit se o jeho návrh.

„DERUTEX, s.r.o. je česká, dynamicky se rozvíjející společnost s více než patnáctiletou historií, s velkým potenciálem růstu, ve vývoji a výrobě podpůrných zařízení pro automobilové nadnárodní společnosti (jednoúčelové stroje, výrobní, zkoušecí, kontrolní a jiné přípravky). Našim zákazníkům poskytujeme komplexní řešení pro výrobní linky a měrové laboratoře.“

(DERUTEX, s.r.o. [online]. Frenštátská 460, 742 58 Příbor, 2019 [cit. 2019-04-24]. Dostupné z: www.derutex.cz)

2. Rešerše dané problematiky

2.1 Rozdělení podavačů podle mechanismu vynášení součástí

V první řadě je třeba se seznámit s veškerými možnostmi podavačů, které se na dnešních automatizovaných linkách a pracovištích nacházejí, neboť vibrační podavače nejsou jediné použitelné zařízení.

Vibrační podavač

Pracuje na principu vibrací, které rozkmitávají zásobník, ten působí na částice v něm nasypané a nutí je pohybovat se po předem vytvořené dráze, v tomto případě po šroubovici zásobníku, až se dostanou na výpádovou hranu, kde dochází k orientaci a podání, nebo k prostému výpadu, v závislosti na účelu zařízení [6].

Podavač s rotačním válcem

Podavač pracuje na čistě mechanické bázi. V zadní části zařízení je lopatkové kolo, které nabírá šrouby ze zásobníku. Ty jsou vyneseny až do horní části kola, odkud působením gravitace odpadávají, dopadají do žlabu tvaru písmena L, kterým se sunou za pomoci vibrací, dále šrouby procházejí přes jednostranně orientovaný kartáč, který pouští pouze správně orientované součástky, které jsou zapadlé závitem do kolejnic vedení. Jak již bylo zmíněno, tento druh dopravníku je uzpůsoben pouze pro šrouby určitých velikostí. Podavač s rotačním válcem je na obrázku 1 [6].



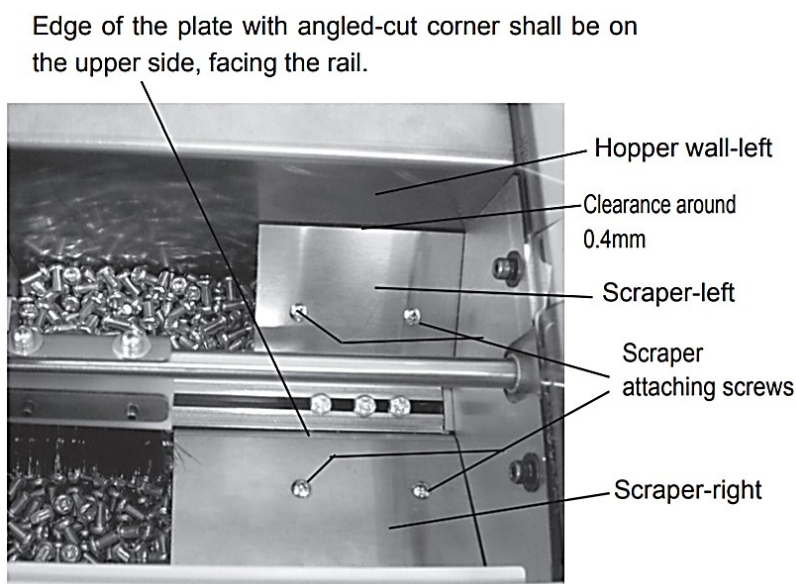
Obr. 1. Automatic screw dispenser [1]

S posuvnou deskou

Ve spodní části přístroje se nachází zásobník na šrouby. Celé zařízení podléhá vibracím, takže se součásti mírně pohybují. V zadní části se nachází pohyblivé dno, které se pomocí vnitřního mechanismu zvedá a vyzvedává součástky do výšky kolejničky. Zde se některé šrouby správně naorientují závitovou částí do drážky kolejničky a postupují k odběru. Šrouby, které toto natočení neprovedou jsou shrnuty zpět dolů mechanickým kartáčem [6].

S rotačním magnetem

U tohoto typu zařízení se šrouby nacházejí ve spodním zásobníku. Za stěnou zásobníku se ukrývá vynášecí mechanismus. Jde o silný magnet na rameni, které se otáčí ve svislé poloze podél stěny. Princip zařízení je takový, že pokud se rameno nachází ve svislé poloze směrem dolů, působí magnet skrze stěnu na šrouby a přitahuje je. V další fázi, kdy dochází k pootočení ramene do vodorovné polohy, jsou posouvány po stěně i šrouby v magnetickém poli. Ty jsou vyneseny až do polohy ramene svislé směrem vzhůru, kde se již začíná rameno s magnetem od stěny oddalovat díky klenuté dráze. Magnetické pole slábne a šrouby spadávají do žlabu. Ty, které se správně naorientují postupují vibrujícími kolejničkami až k odběru. Ty, které se správně nenaorientují jsou shrnuty mechanickým kartáčem zpět do spodního zásobníku. Pohled do vnitřního prostoru podavače je na obrázku 2 [6].



Obr. 2. Automatic screw feeder OM – 26R [2]

2.2 Druhy vibračních podavačů

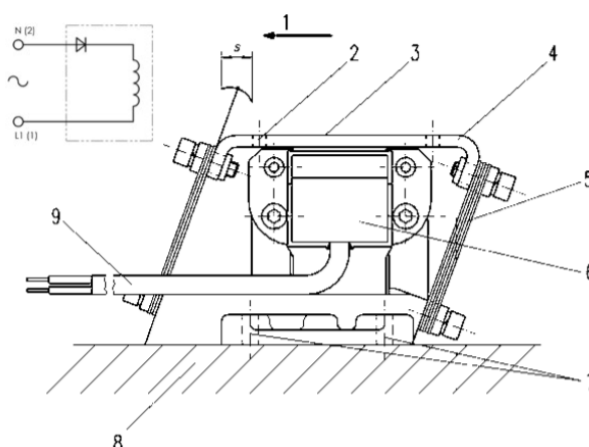
Lineární vibrační podavače

Celé zařízení má podélný tvar a kmity jsou vedeny pouze v jedné ose viz obrázek 3. Toto zařízení si u nás nechal patentovat pan Hrubeš (více v sekci patenty). Zařízení se používá více jako dopravník a podavač, nebývá již doplňováno o prvky pro orientaci dílů. Může tak pracovat samostatně nebo doplňovat miskový vibrační podavač. Zásobníková nádoba má korýtkový tvar nebo jde jen o lišty pro vedení součástí a je umístěna na listových pružinách nad základnou a tvoří kotvu elektromagnetu. O buzení vibrací se stará jedna cívka v budiči umístěná na pevné základně pod zásobníkovou nádobou. Základna je vybavena pryžovými silentbloky pro tlumení přenosu vibrací do podkladu [5].



Obr. 3. Lineární vibrační podavač [3]

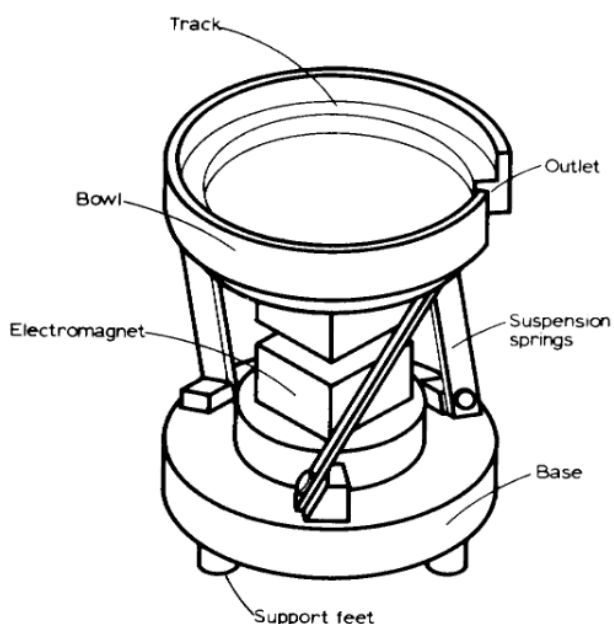
Společnost Kendrion vyrábí budiče do vibračních podavačů, do jejího portfolia však spadají také lineární budící jednotky, které jsou dodávány přímo s pružinami a dle přání zákazníka. Příklad vibrační jednotky je na obrázku 4.



Obr. 4. Lineární vibrační jednotka Kendrion - 1. směr podávání; 2. montážní otvory pro zásobníkovou nádobu; 3 a 4. horní základna; 5. planžetová pružina; 6. elektromagnetický budič kmitů; 7. upevňovací otvory ve spodní základně; 8. pracovní plocha stolu; 9. napájecí kabel [4]

Miskové vibrační podavače

Zařízení má válcovitý tvar. Skládá se ze zásobníkové nádoby, elektromagnetického budiče kmitů a regulátoru. Schéma konstrukce stroje je na obrázku 5. Zdrojem vibrací jsou zde tři nebo čtyři cívky, pravidelně rozmístěné do kruhu v budiči, a připevněné rovnoběžně s rovinou podkladu. Ze spodní strany zásobníkové nádoby se nacházejí jádra cívek, díky nimž je nádoba rozkmitávána. Základna je se zásobníkovou nádobou svázána pružinami. V některých konstrukčních případech, obsahuje stroj více základen propojených vzájemně pružinami pro zabránění přenosu kmitů do podkladu. Spodní základna je stejně jako u lineárních podavačů opatřena pryžovými nožkami. Těmto zařízením se bude věnovat zbytek této práce i samotný konstrukční návrh.



Obr. 5. Schéma miskového vibračního podavače [5]

Další možnosti použití

Vibrační podavač nemusí být použit vždy jen pro podávání. Tento přístroj lze užít i pro třídění součástek, přičemž není nutno mít vysoce promyšlený vynášecí prvek. Na obrázku je zobrazen stroj upravený pro segregaci matic od podložek. Úprava je zde následující: Na upevňovací šroub můstku byl připevněn drát o průměru 3 mm směřující k ose rotační nádoby, vyčnívající vodorovně ve vzdálenosti 12 mm od upevnění.

Díky tomuto systému procházejí podložky o tloušťce 0,8 mm pod drátem a spadávají do předem připravené nádoby, zatímco matice o tloušťce 6 mm se zasekávají o drátěnou zarážku a spadávají zpět do mísy.

2.3 Principy vyvození vibrací

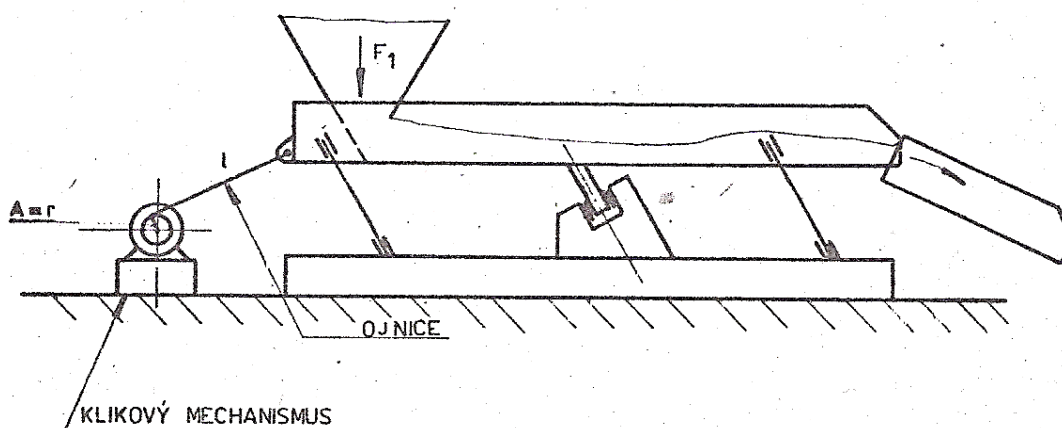
1. Nuceným pohonem
2. Mechanickým budičem kmitů
3. Elektromagnetickým budičem kmitů

Nucený pohon

Princip kmitání spočívá v rozhýbání dopravního žlabu pomocí kliky a ojnice, viz obrázek 6. Žlab je usazen na pružinách. Na zadní čelo žlabu je připevněna ojnice, která je svým druhým koncem nasazena na kliku, která je fixována na hřídel motoru. Velikost amplitudy a frekvence kmitání ovlivňují v převážně rozměry těchto komponent. Dodržujeme převodový poměr poloměru kliky ku délce ojnice v rozmezí (0,1 – 0,01). Podavače s tímto pohonem lze označovat jako lineární, jelikož směr kmitání žlabu je dán vedením, které umožňuje pohyb pouze v jedné rovině. Užití tohoto konceptu je konstrukčně a výrobně jednodušší než další, níže uvedené, typy [1, 2].

Parametry zařízení

Amplituda	3 – 15 mm
Frekvence kmitání žlabu	5 – 25 Hz
Rychlost podávaného materiálu	0,2 – 0,45 m·s ⁻¹



Obr. 6. Vibrační dopravník s nuceným pohonem [6]

Mechanický budič kmitů

Jedná se o motor, na jehož hřídeli jsou umístěny nevývažky (disbalanční tělíska). Tato závaží jsou konstruována tak, že po uvedení do rotace začne celé zařízení kmitat. Konstrukce těchto tělísek není jednoduchou záležitostí a tento fakt se podepisuje na ceně zařízení. Jsou známy dva koncepty použití mechanického budiče kmitů [1, 2].

A, Budič a motor odděleně

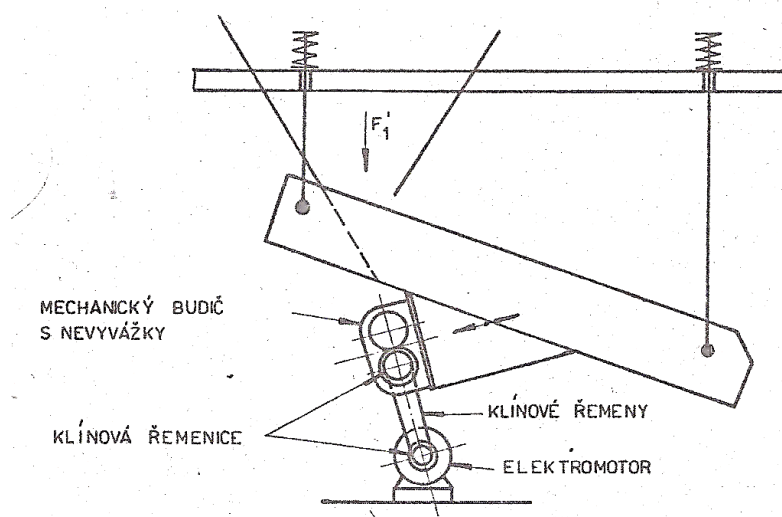
Jak je vidět na obrázku 7, žlab je zavěšen na laněch nebo jako v předchozím případě podepřen pružinami. Na spodní straně žlabu je pod určitým úhlem přimontován budič kmitů. Jedná se o hřídel s nevývažky a řemenice. Pomocí klínového řemenu je pak hřídel budiče spojena s motorem, který je pevně fixován k základně. Mezi nevýhody patří nutnost ustavování pohonu a napínání řemenu proti vyskočení. Výhodou je snížená hmotnost žlabu [1, 2].

B, Motor s nevývažky

Koncept, při němž je použit motor s průběžnou hřídelí, na jejichž koncích jsou nasazeny nevývažky. Celé toto zařízení je připevněno na spodní stranu žlabu, zatímco v předchozím případě je připevněn jen budič. Nevýhodou tohoto uspořádání je větší hmotnost žlabu. Mezi výhody lze zařadit kompaktnost zařízení [1, 2].

Parametry zařízení

Amplituda	0,5 – 8 mm
Frekvence kmitání žlabu	7 – 15 Hz
Rychlost podávaného materiálu	0 – 0,5 m·s ⁻¹



Obr. 7. Zavěšený vibrační dopravník s mechanickým budičem kmitů odděleně [7]

Elektromagnetický budič kmitů

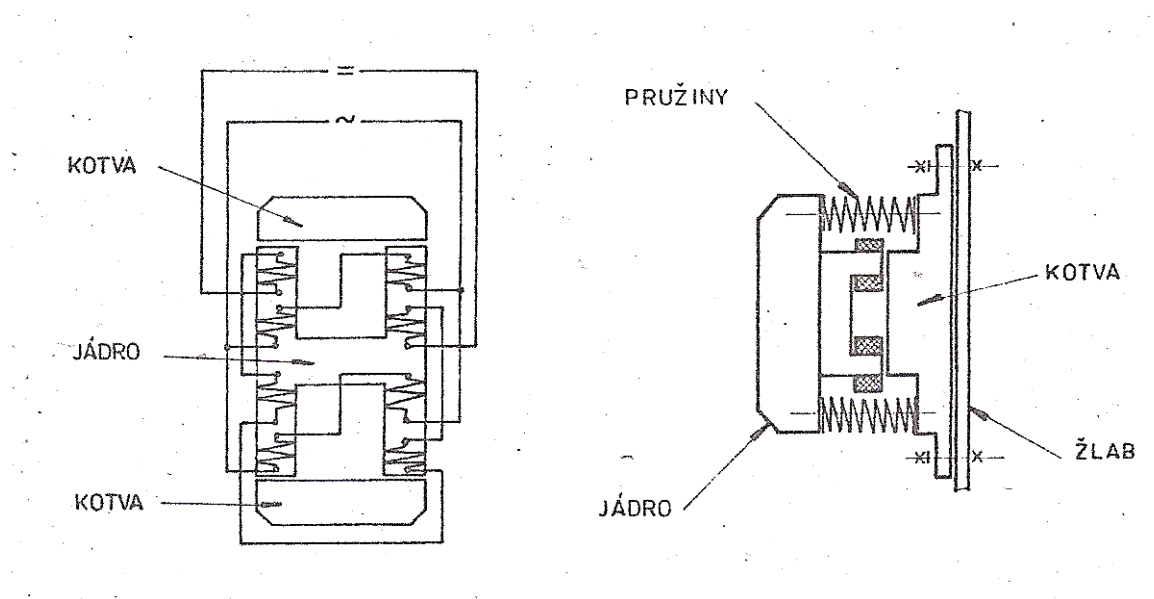
Tento budič využívá princip elektromagnetismu. Koncept je vidět na obrázku 8 a je následující: „Kotva elektromagnetu je pevně spojena se žlabem a jádro s tělesem budiče je připojeno před předepjaté pružiny.“

(PEŠAT, Zdeněk. *Manipulace s materiálem v hutích*. Část 1. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1992. ISBN 80-7078-107-6; s. 145)

Pokud použijeme pro napájení klasický střídavý proud ze sítě o frekvenci 50 Hz dochází ke kmitání žlabu frekvencí 100 Hz. Pro kmitání poloviční frekvencí je třeba použít usměrňovač. Tento koncept je cenově i konstrukčně přijatelný. Výhodou je to, že zde nejsou rotující tělesa, nevýhodou poté nutnost užití usměrňovače [1, 2].

Parametry zařízení

Amplituda	0,05 – 1 mm
Frekvence kmitání žlabu	50 – 100 Hz
Rychlost podávaného materiálu	0 – 0,25 m·s ⁻¹



Obr. 8. Elektromagnetický budič kmitů schéma (cívka) [8]

2.4 Druhy nádob vibračních miskových podavačů

Druhy nádob závisí na mnoha faktorech jako velikost podávaných součástí a jejich stav, výkonnost zařízení a podmínky v nichž bude zařízení používáno. Nádoby bývají vyrobeny často z kovového materiálu (konstrukční ocel, hliníková slitina, nerezová ocel) s povrchovou úpravou, jako například nástřik PU barvou. Povrch má vliv na posun součástí, je nutno jej brát v potaz ve výpočtech, kde je potřeba znát součinitel tření. Velké nádoby o průměru větším než 3 m užívané pro zakládání kusů do nahřívací pece jsou tvarově nižší a svařeny z plechu bez povrchové úpravy. Menší nádoby o průměru do 3 m bývají také vyráběny z plechu s povrchovou úpravou, avšak dopravují lehčí součástky k obráběcím strojům. Nejmenší nádoby o průměru do 0,5 m jsou vyráběny z plastového materiálu (polyamid) a drážka je frézována. Výhodou platu je, že tlumí hluk zařízení. Tvary a materiál zásobníkových nádob znázorňují následující obrázky 9 a 10 [4, 5].




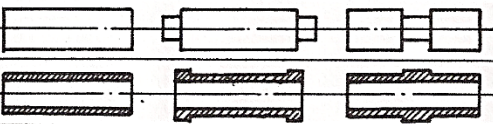
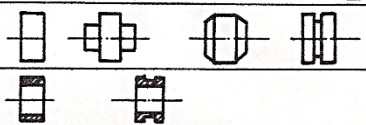
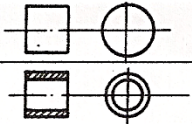
Obr. 9. Ocelová zásobníková nádoba s PU nástřikem [9]



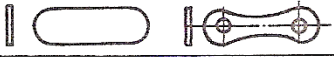



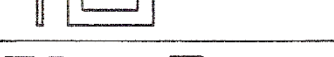

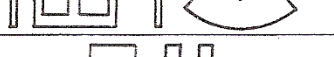

Obr. 10. Polyamidová zásobníková nádoba [10]

2.5 Druhy podávaných součástí

Jak již bylo zmíněno výše nebývají podávány pouze normalizované součásti. Mnohdy jde pouze o obrobky, které míří k dalšímu zpracování. Předměty lze rozdělit do dvou kategorií dle tvaru tělesa. Jde o součásti rotační viz obrázek 11 a součásti ploché viz obrázek 12. Na obou obrázcích jsou znázorněny jak obrobky, tak dokončené strojní součásti. [3, 4].

Skupina	Poměr charakt. rozměrů	Název	Příklady součástí
I	Dvě osy otáčení jsou osami s.		
II	1	$\frac{1}{d} \gg 1$	<div> <div>Řídicí</div> <div>pouzdra</div> </div> 
		$\frac{1}{d} \ll 1$	<div> <div>kotouče</div> <div>kroužky</div> </div> 
	3	$\frac{1}{d} \approx 1$	<div> <div>válečky</div> <div>duté válečky</div> </div> 

Obr. 11. Tvary dopravovaných součástí [11]

Skupina	Poměr charakter. rozměrů	Název	Příklady součástí
Tři roviny souměrnosti	$\frac{1}{b} \gg 1$	desky	
		hnanoly	
	$\frac{1}{b} \approx 1$	desky	
		hnanoly	
Dvě roviny souměrnosti	$\frac{1}{b} \gg 1$	desky	
		hnanoly	
	$\frac{1}{b} \approx 1$	desky	
		hnanoly	

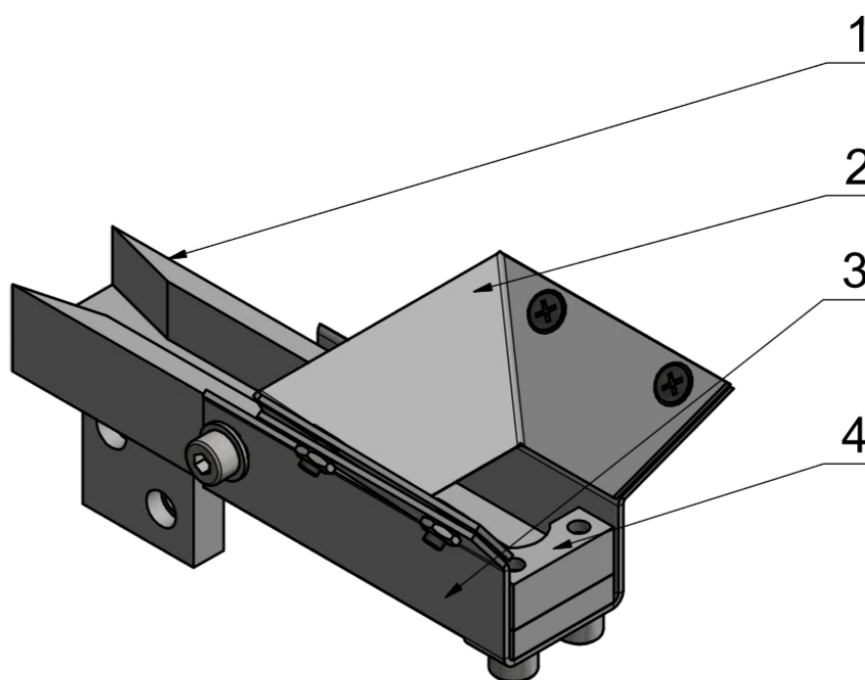
Obr. 12. Tvary dopravovaných součástí [12]

2.6 Variantní řešení podávacích mechanismů

Podávací mechanismy mohou být zaměřeny výhradně na podávání, nebo plní účel kontroly, a to tím, že jsou přímo uzpůsobeny k „vyhazování“ neorientovaných součástí. Některé z podávacích mechanismů umožňují podávání dílů i po dávkách o několik kusech. Podávací celky mohou být založeny čistě na mechanickém principu nebo obsahovat prvky automatizace. Některé používané druhy budou představeny na následujících obrázcích [3].

Podávací mechanismus pro ruční odebrání součástí

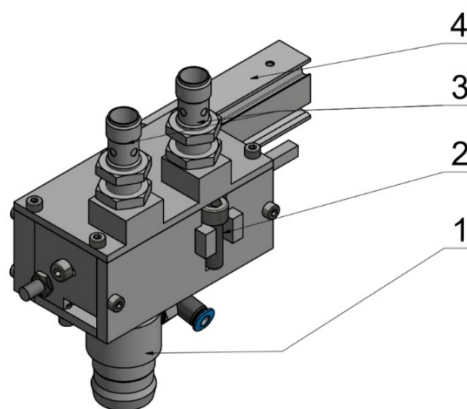
Podávací mechanismus na obrázku 13 se připevňuje přímo na zásobníkovou nádobu dopravníku pomocí základny (1). Šroub s danými rozměry je veden dráhou nejdříve v podélné poloze, následně se zorientuje a dřík propadne do připravené drážky v ose základny. Konec dráhy je vybaven dorazovým prvkem (4). Pro snadné vedení šroubováku je zde připevněn naváděcí kryt (2) ve tvaru hranatého trychtýře bez jedné strany, který drží na základně díky plechovému U profilu (3). Nevýhodou tohoto konceptu je nemožnost měnit druh dopravované součásti, v tomto případě velikost šroubu. Toto zařízení je určeno pro šroub normy DIN 912 – M6 x 20. U menších šroubů by pak docházelo k propadnutí šroubu drážkou.



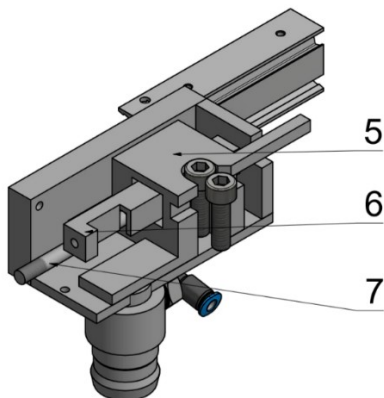
Obr. 13. Podávací mechanismus (ruční) – 1. základna; 2. naváděcí kryt; 3. U – profil; 4. dorazový prvek

Podávací mechanismus pro automatické podávání součástí

Zařízení na obrázcích 14 a 15 je automatický podávací mechanismus, který dávkuje dopravované díly a posílá je hadicí na místo odběru do automatického šroubováku. Tento koncept se připevňuje na lineární vibrační podavač, obsahuje prvky automatizace a před uvedením do provozu je třeba jej správně naprogramovat. Mechanismus je poháněn stlačeným vzduchem. O pohon se zde stará pneumatický válec od firmy FESTO (4), dvě indukční čidla (3) kontrolují, zda se v dané pozici nachází kovový prvek (šroub). Pozice (2) je vstup do podavače, právě sem se napojuje vedení lineárního vibračního dopravníku, otvor je vytvořen přímo pro šroub M6 x 20. Odváděcí trubkou (1) se dostává díl do hadicového vedení. Na této trubce, těsně pod podavačem má vstup stlačený vzduch, který se postará o pohyb dílu hadicí. Uvnitř podavače pak nalezneme jezdec (5), který posouvá pouze jeden jediný díl po vodítku (6) až do místa, kde je otvor ve vodítku a díl propadá do odváděcí trubky. Jezdec plní ještě další funkci, a to, že uzavírá vstup do odváděcí trubky. Vodící tyč (7) slouží pouze pro vedení jezdece.



Obr. 14. Podávací mechanismus automatizovaný (A) – 1. Odváděcí trubka; 2. vstup do podavače; 3. indukční čidla; 4. pneumatický válec



Obr. 15. Podávací mechanismus automatizovaný (B) – 5. jezdec; 6. vodítko; 7. vodící tyč

2.7 Firmy zabývající se vibračními podavači na území ČR

ROX s.r.o.

Společnost se sídlem v Příbrami má široký záběr působnosti na poli s vibrační technikou. Zákazníkovi může nabídnout malé vibrační zásobníky určené hlavně do automatizovaných provozů, ale také velké stroje jako vibrační dopravníky a vibrační třídiče. Nespornou výhodou je i možnost dodání samostatných částí strojů jako jsou pohony, zásobníkové nádoby a regulátory. www.rox.cz

Vondra a Vondra s.r.o.

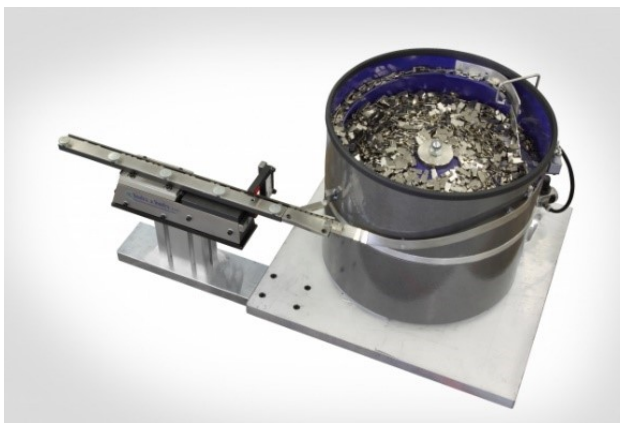
Firma Vondra a Vondra začínala jako dodavatel jednoúčelových strojů. Nyní se specializuje čistě na vibrační podavače a zásobníky. V jejím portfoliu nalezneme spektrum těchto zařízení rozdělené podle konstrukčních celků na pohony, násypky, regulátory, kryty a předzásobníky. Zákazník si zde může nakombinovat jednotlivé celky. www.vondra-vondra.cz/cz

STASTO Automation s.r.o.

Stasto Automation je společnost z Týnce nad Sázavou specializující se v oblasti s automatizační technikou. Zákazníkům nabízejí produkty pro pneumatiku, průmyslovou automatizaci a průmyslové armatury. V sekci průmyslové automatizace nalezneme také podávací techniku, kde si lze vybrat jednotlivé konstrukční uzly pro stavbu vibračního podavače. www.stasto.cz

JAVY s.r.o.

Javy je otrokovická společnost zabývající se pouze a jen vibrační podávací technikou. Nabízí zákazníkům předzásobníky, lineární a kruhové podavače nebo je možno si zde nechat vyprojektovat celou podávací stanici podle specifikace linky. www.javy.cz/vibro_frame.htm



Obr. 16. Vibrační pohon - kruhový typ C [16]

2.8 Firmy mimo ČR

STÖGER AUTOMATION GmbH

Firma Stöger se sídlem v německém Königsdorfu má propracované portfolio výrobků pro automatizaci. Mimo vibračních podavačů dodává také automatické a poloautomatické šroubováky, automatické nýtovačky a samozřejmě jsou celá montážní pracoviště vybavená těmito výrobky www.stoeger.com/en.

Dessouter Industrial Tools

Mnoho pracovišť na výrobních linkách je vybaveno výrobky francouzské společnosti Desoutter. Ta se začala formovat již po první světové válce a postupně k sobě přibírala další firmy zabývající se podobnou tematikou, avšak se svým know-how. Díky tomuto spojení dokázal Dessouter proniknout i do odvětví leteckého průmyslu. Vlajkovou lodí je hlavně ruční nářadí, a to jak elektrické, tak i pneumatické. Nalezneme zde také specifické produkty jako ruční nýtovačky nebo závitořezy. Sofistikované druhy produktů jsou vybaveny systémem pro kontrolu utahovacího momentu. Svou kategorii zde mají i vibrační dávkovače, jakožto nenahraditelní pomocníci při montáži. www.desouttertools.cz

CCM (Ching Chan Optical Technology Co., Ltd.)

Společnost z Thai – wanu nabízí svým zákazníkům stroje na výrobu spojovacího materiálu (šrouby a matice). Tato zařízení jsou hlavním nabízeným produktem, mimo to nabízí společnost také vibrační podavače. www.ccm3s.com/eng/vibration-feeder.html

RNA Automation Ltd.

Původně německá společnost s pobočkami i v dalších evropských zemích, která vyrábí produkty pro automatizaci, a to nejen ve strojírenském odvětví. Stroje jsou určeny také pro farmacii, elektrotechniku a potravinářství. V nabídce nalezneme stroje pro dávkování a manipulaci s materiálem, automatické otočné stoly, robotické manipulátory a stroje pro kompletaci výrobků. www.rnaautomation.com/products/feeding-and-handling/vibratory-feeders/

2.9 Patentová rešerše

České patenty byly vyhledávány v databázi patentů a užitných vzorů úřadu průmyslového vlastnictví. Hledány byly výrazy: vibrační podavač, podavač, lineární dopravník, vibrační dopravník. Vyhledání přineslo více než 200 výsledků, ale ne všechno byly podavače vibrační. Shoda byla potvrzena u 5 patentů, které budou dále blíže představeny. Odkaz na databázi - www.upv.cz

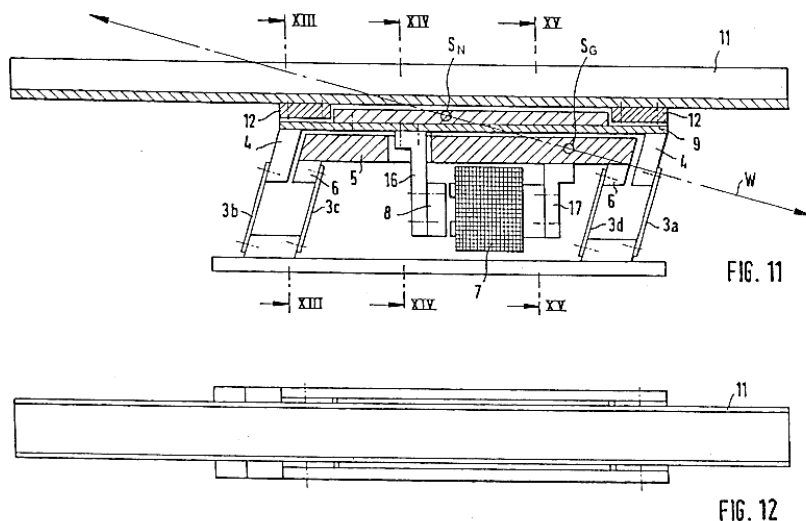
1. Vibrační lineární dopravník (Linear-vibratory conveyor)

Původce: Krell, Helmut, 98527 Suhl, Spolková republika Německo

Číslo dokumentu: 1460006

Popis:

Patent poukazuje na využití lineárního vibračního dopravníku pro dopravu sypkých a granulovaných výrobků nebo drobných součástí. Autor v něm popisuje principy mikro-vrhu, který zajišťuje posun materiálu žlabem. Také zde zmiňuje problematiku nevyváženosti konstrukce stroje a nutnost dbát na její symetrii, která vede ke správné činnosti zařízení. Poukazuje na hmotnost jednotlivých částí, které ovlivňují chod stroje a v neposlední řadě připomíná fakt, že zařízení je třeba navrhovat jako univerzální tak, aby při změně dopravovaného materiálu nebylo nutno měnit zásobníkovou nádobu. Autor přikládá také tři konstrukční návrhy, jak by takové zařízení mohlo vypadat. Jednotlivé koncepty se od sebe odlišují konstrukčním provedením elektromagnetického budiče kmitů. Jeden z konstrukčních návrhů je na obrázku 17 [9].



Obr. 17. Vibrační lineární dopravník [17]

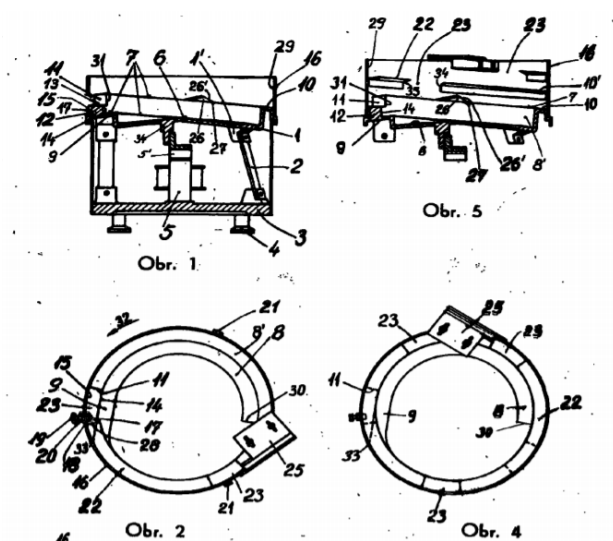
2. Elektromagnetický vibrační dopravník

Původce: FRANTIŠEK HRUBEŠ, Československo

Číslo dokumentu: 123277

Popis:

Patent popisuje konstrukci miskového vibračního podavače, jehož funkce a návrh bude přiblížen v dalších kapitolách této práce. Zde je na ukázkou patentový výkres na obrázku číslo 18 [10].



Obr. 18. Elektromagnetický vibrační dopravník [18]

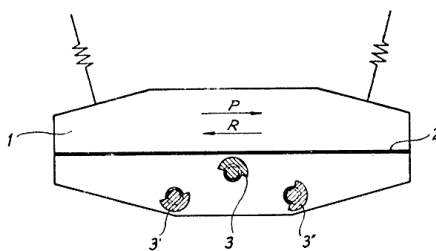
3. Vibrační podavač

Původce: ING. PAVEL JEKL, Československo

Číslo dokumentu: 174977

Popis:

Toto zařízení je již více konstrukčně podobné vibračním dopravníkům, není však uzpůsobeno orientaci a podávání součástí. Dle obrázku 19 jde o upravený vibrační dopravník, buzený třemi nevyváženými hřídelemi [11].



Obr. 19. Vibrační podavač [19]

4. Vertikální vibrační dopravník

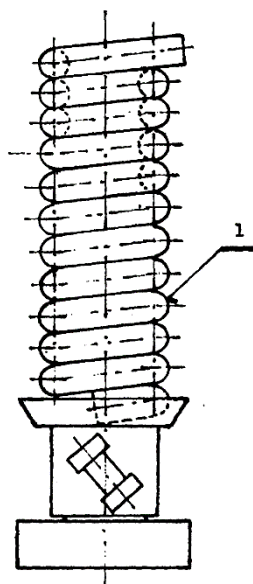
Původce: Ing. Čáp Miroslav, Straka Josef, Ing. Šolc Jindřich, Doc. Ing. Votípka František CSc, ČSR

Číslo dokumentu: 249321

Popis:

Zajímavostí na tomto patentu je to, že se autor snaží dostat materiál do jiné výškové úrovně. Jedná se o dopravník, takže se materiál nebo součásti neorientují. Konstrukce je zajímavá tím, že se jedná o šroubovicovitě navinutou tenkostěnnou trubku na nosné konstrukci, na kterou jsou přichyceny vibromotory, které jsou v tomto případě nevývažkové.

Toto řešení má své klady i zápory. Mezi klady patří to, že se jedná o uzavřenou trubku, takže materiál nemá šanci dopravní dráhu opustit, navíc je chráněn proti povětrnostním podmínkám. Další výhodou je možnost umístění dopravníku mimo pracoviště operátora nebo mimo stroj. V běžném provedení se podavače umísťují pod konstrukci stroje a součásti jsou pak složitě přiváděny na místo určené například dalším potrubím, nebo zabírají místo na pracovní desce operátora, což při použití tohoto typu dopravníku není třeba řešit. Nevýhodou může být náročnost výroby a následné seřízení. Vertikální vibrační dopravník viz obrázek 20 [12].



Obr. 20. Vertikální vibrační dopravník [20]

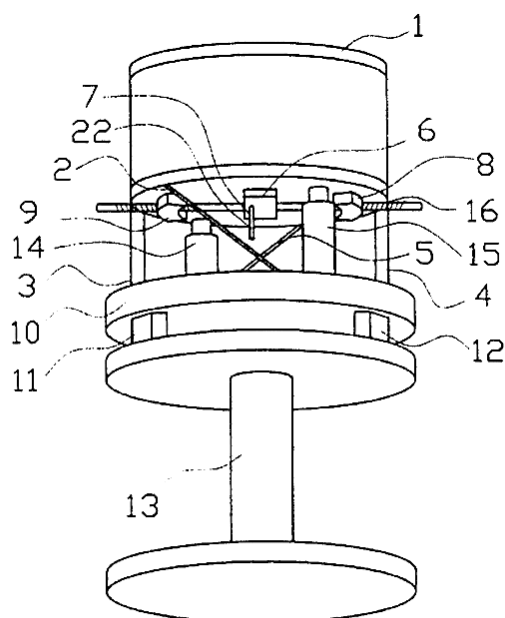
5. Kruhový vibrační dopravník (circular vibration conveyor)

Původce: Doc. Dr. Ing. Pavel Němeček, Jeřmanice, Ing. Marek Pešík, Liberec 5, ČR

Číslo dokumentu: 22544

Popis:

Patent se zabývá vylepšením miskového vibračního podavače. Autoři poukazují na fakt, že při různém množství náplně v zásobní nádobě se mění vibrační charakteristika zařízení, a je nutno průběžně regulovat chod stroje pomocí elektrického regulátoru. V tomto patentu byl přidán další regulátor, a to mechanický, aby odpadla povinnost pravidelné regulace. Tento mechanický regulátor se nachází přímo pod zásobníkovou nádobou. Obsahuje symetricky rozmístěná závaží s měnitelnou polohou od středu nádoby, pomocí nichž lze měnit chod zařízení. Kruhový vibrační dopravník viz obrázek 21 [13].



Obr. 1

Obr. 21. Kruhový vibrační dopravník [21]

3. Analýza dané problematiky

3.1 Miskové vibrační podavače popisná část

Vibrační podavač se skládá z několika konstrukčních celků.

1. Zásobníková nádoba
2. Podávací zařízení
3. Elektromagnetický budič kmitů
4. Regulátor

1. Zásobníková nádoba

Jedná se o horní část podavače. Konstrukčně jde o nádobu válcovitého nebo kónického tvaru, která je vyrobena buď z plastového materiálu (polyamidu) nebo hliníku. Menší nádoby do průměru 0,5 m jsou vyráběny z jednoho kusu frézováním. Nádoby pro větší podavače se pak vyrábějí svařováním z ocelového materiálu. V některých případech se zásobníková nádoba ošetřuje odolným nátěrem pro snížení hlučnosti.

Ve vnitřním prostoru nádoby je vytvořena šroubovicová drážka vinoucí se až k hornímu okraji zásobníku. Drážka se specifikuje podle druhu a rozměrů podávaného materiálu, díky čemuž může být plochá, skloněná k vnější straně nádoby nebo s ohraničením proti vypadnutí součástí. Pokud výrobce nezajišťuje výrobu individuální nádoby pro zákazníka, ale vyrábí je sériově, pak udává největší rozměry předmětu, který lze dopravovat.

2. Podávací zařízení

Jde o dráhu vybíhající ze zásobníkové nádoby, která přímo navazuje na nádobovou šroubovici. Tvarově je přizpůsobena podávaným dílům. Její funkce však není jen a pouze vedení, ale také orientace součástky do určené polohy. Dráha podávacího zařízení je konstruována tak, že obsahuje řadu prvků, které ovlivňují natáčení součástí při jejich průchodu. Jsou to například hradítka, výstupky, otvory, zkosení dráhy a mnoho dalších specifických prvků.

Z hlediska pohonu může být podávací zařízení buď nepoháněné nebo poháněné.

Poháněné, jak již název napovídá, obsahují samostatný pohon. Většinou jde o lineární vibrační jednotku, která za pomoci vibrací posunuje díly drahou. Takovéto řešení volíme u dopravy součástí na vzdálenost cca 0,5 m – 1 m od zásobníkové nádoby. Pro dopravu na delší vzdálenosti nebo do jiné výškové úrovně je pak třeba se využít jiného druhu dopravníku.

Nepoháněné zařízení jsou dráhy krátkých rozměrů, cca do 0,5 m, kterým k pohánění součástí stačí vibrace od zásobníkové nádoby, na kterou jsou přímo uchyceny. Jejich konstrukční řešení je levnější a jednodušší. Nevýhodou může být to, že zvyšují hmotnost zásobníkové nádoby, čímž mění vibrační charakteristiku, a je tedy nutné celý stroj provozovat na vyšší stupeň vibrací.

3. Elektromagnetický budič kmitů

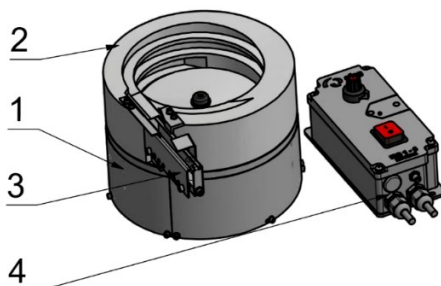
Je nejtěžší částí celého stroje, přestože se skládá pouze z několika součástí, jsou jimi: pevná základna, pohyblivá základna, vinutí, pružiny, silentbloky a kryty. Konstrukce budiče je dána druhem podavače. Jedná-li se o podavače lineární, je tomu přizpůsoben celkový tvar budiče, který je podélného tvaru, jedná-li se o podavače miskové, budič má tvar válce.

Základny jsou odlitky z oceli, jsou uzpůsobeny pro připojení dalších dílů. Pohyblivá základna je přes pružiny svázána s pevnou základnou, která obsahuje vinutí a ve které jsou ze spodní části namontovány tlumiče, na kterých stojí celé zařízení. Silentbloky jsou vyrobeny z pryžového materiálu, díky čemuž tlumí vibrace a zabraňují jejich přenášení do podkladu, také pomáhají stabilitě zařízení.

Dalšími součástmi budiče jsou pružiny. Odlišnosti nalezneme v rozmístění a počtu použitých pružin, který je ale do jisté míry volitelný, jelikož počet pružin přímo ovlivňuje chod stroje. Každý budič má doporučené množství pružin, které jsou vyrobeny z pružinové oceli.

4. Regulátor kmitů

Jedná se v přeneseném smyslu o „mozkovou“ část stroje. Bez regulátoru by nebylo možno podavač ovládat. Díky tomuto celku jsme schopni celé zařízení jednoduše odstavit od elektrické energie a také pohodlně měnit rychlost podávání. Regulátory dodávají jednotlivé společnosti přímo s podavači. Regulátor je poměrně složitý celek složený z mnoha elektrotechnických součástí a používá se u všech typů vibračních podavačů.

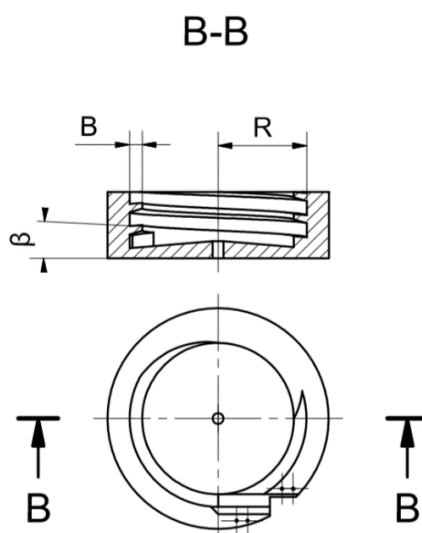


Obr. 22. Vibrační miskový podavač – 1. Elektromagnetický budič kmitů; 2. Zásobníková nádoba; 3. Podávací zařízení; 4. Regulátor vibrací

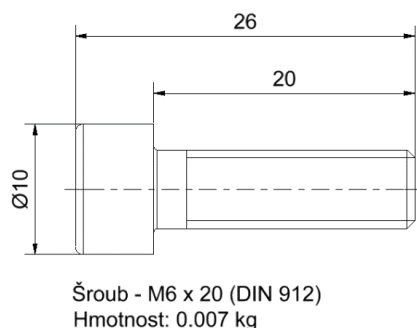
3.2 Výpočtová část

Zaměřil jsem se na výpočty, které jsou důležitým podkladem pro pozdější konstrukci zařízení, nejprve zjišťuji parametry zásobníkové nádoby, v druhé části poté vlastnosti pružin a budící sílu nezbytnou pro chod zařízení.

Výpočet parametrů zásobníkové nádoby



Obr. 23. Zásobníková nádoba



Obr. 24. Znázornění podávaného šroubu

Nejmenší poloměr šroubovicového žlábků

$$R > Q_1 \cdot l \quad (3.1)$$

$$R > 3 \cdot 0,026$$

$$R > 0,078 \text{ m}$$

Kde **R** je poloměr zakřivení vnitřní strany vnější bočnice žlábků [m]; **Q₁** – návrhový koeficient (doporučen 2 až 3); **l** – délka předmětu [m].

Tuto hodnotu jsem se rozhodl zaokrouhlit a pro konstrukci dále pracovat s $R = 0,08 \text{ m}$.

Výpočet charakteristického rozměru S

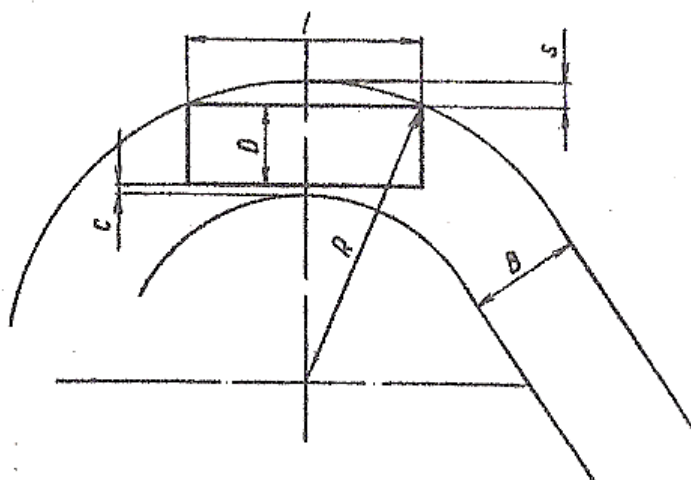
$$S = R - 0,5\sqrt{(4 \cdot R^2 - l^2)} \quad (3.2)$$

$$S = 0,08 - 0,5\sqrt{(4 \cdot 0,08^2 - 0,026^2)}$$

$$S = 0,00106 \text{ m}$$

Charakteristický rozměr byl vypočten jako $S = 0,00106 \text{ m}$, což je 1,06 mm.

Výpočet šířky žlábků



Obr. 25. Schéma šířky žlábků [25]

$$B = S + D + C \quad (3.3)$$

$$B = 0,00106 + 0,01 + 0,0004$$

$$B = 0,01146 \text{ m}$$

Kde **B** je šířka žlábků [m]; **S** – výška oblouku nad předmětem (charakteristický rozměr) [m]; **D** – průměr nebo šířka předmětu [m]; **C** – vůle mezi předmětem a vnitřní stěnou žlábků (C je bráno v rozsahu tolerancí IT 11 až IT 14 podle velikosti průměru předmětu) [m].

Šířka žlábků byla vypočtena $B = 0,01146 \text{ m}$, což je 11,46 mm pro návrh bude tato hodnota zaokrouhlena na 11,5 mm.

Výpočet stoupání šroubovice žlábků

$$R_s = \frac{D_s}{2} \quad (3.4)$$

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \psi \cdot \frac{r_p}{R_s} \quad (3.5)$$

$$\beta = \operatorname{tg} \left(\operatorname{tg} \psi \cdot \frac{r_p}{R_s} \right)^{-1} \quad (3.6)$$

$$\beta = \operatorname{tg} \left(\operatorname{tg} 12^\circ \cdot \frac{0,07}{0,07927} \right)^{-1}$$

$$\beta = 10,63^\circ \approx 11^\circ$$

Kde ψ je úhel sklonu pružin [°]; r_p – poloměr upnutí pružin [m]; R_s – střední poloměr žlábků [m]; D_s – střední průměr žlábků [m]; β – úhel stoupání drážky v zásobníkové nádobě [°].

Úhel stoupání drážky v zásobníkové nádobě činí 11° .

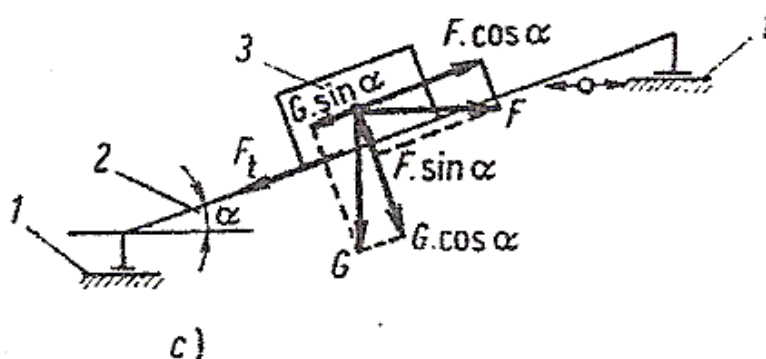
Výpočet parametrů elektromagnetického budiče kmitů

Podmínka pohybu

Při splnění této podmínky by se měl předmět pohybovat směrem vzhůru šroubovicovou drážkou. Pro tuto konstrukci platí, že kmity jsou buzeny v rovině vodorovné s podložkou zařízení.

„Rychlost dopravníku je různá při pohybu vpřed a vzad. V jednom smyslu se pohybuje rychle, v druhém pomalu. Pohyb předmětu se může dít prokluzem, nebo poskokem, nebo jejich kombinací. Na žlabu (2) je uložen předmět o tíze G . Při pomalém pohybu dopravníku se předmět pohybuje s dopravníkem. Při zpětném rychlém pohybu předmět proklouzne. Při každém dvojzdvihu se předmět posune o určitou vzdálenost, která odpovídá amplitudě kmitu. Při pohybu předmětu (3) po dopravníku (2) působí na těleso třecí odpor F_t , pohybová síla F , která se snaží předmět přemísťovat. Aby mohl nastat pohyb předmětu je třeba splnit podmínku $F \geq F_t$.“

(CHVÁLA, Břetislav, Josef NEDBAL a Gejza DUNAY. Automatizace. Vyd. 2., nezm. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987; s. 304)



Obr. 26. Schéma dynamiky vibračního podavače – 1. vedení; 2. žlab; 3. předmět
[26]

Výchozí rovnice (podmínka)

$$F \cos \beta \geq F_t + G \sin \beta \quad (3.7)$$

$$F = m \cdot a = \frac{G}{g} \cdot a \quad (3.8)$$

$$F_t = f \cdot G \quad (3.9)$$

Kde **F** je posouvající síla [N]; **F_t** – třecí síla [N]; **G** – tíha předmětu [N]; **a** – zrychlení předmětu [m·s⁻²]; **g** – tíhové zrychlení [m·s⁻²]; **m** – hmotnost předmětu [kg]; **f** – součinitel tření mezi povrchy [-].

Po dosazení

$$\frac{G}{g} \cdot a \cdot \cos \beta \geq f \left(G \cdot \cos \beta + \frac{G}{g} \cdot a \cdot \sin \beta \right) + G \cdot \sin \beta \quad (3.10)$$

Po úpravě

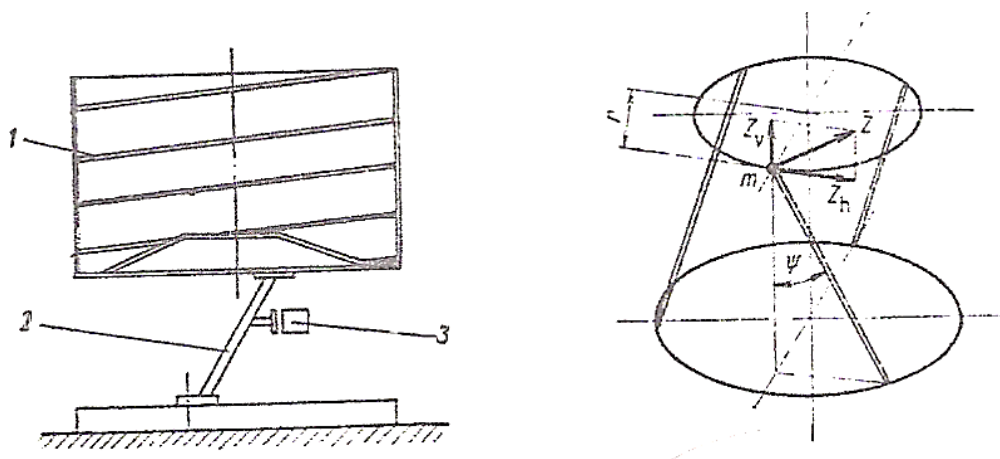
$$a \geq g \cdot \frac{f \cdot \cos \beta + \sin \beta}{\cos \beta - f \cdot \sin \beta} \quad (3.11)$$

$$a \geq 9,81 \cdot \frac{0,28 \cdot \cos 11 + \sin 11}{\cos 11 - 0,28 \cdot \sin 11}$$

$$a \geq 4,92 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}.$$

Předmět se musí pohybovat po šroubovici se zrychlením větším než 4,92 m·s⁻² pro další výpočty bude bráno zrychlení zaokrouhleno na 5 m·s⁻².

Výpočet zrychlující síly



Obr. 27. Schéma upnutí pružin vibračního miskového podavače [27]

$$Z_v = m_1 \cdot a_v \quad (3.12)$$

$$Z_h = \frac{I \cdot a_h}{r^2} \quad (3.13)$$

$$Z = \sqrt{Z_v^2 + Z_h^2} \quad (3.14)$$

Kde **Z** je zrychlující síla [N]; **Z_v** – složka zrychlující síly ve vertikálním směru [N]; **Z_h** – složka zrychlující síly v horizontálním směru [N]; **m₁** – hmotnost částí zavěšených na pružinách [kg]; **a_v** – složka zrychlení ve vertikálním směru [m·s⁻²]; **a_h** – složka zrychlení v horizontálním směru [m·s⁻²]; **I** – moment setrvačnosti zásobníkové nádoby vztažený k její ose otáčení [kg·m²]; **m_r** – redukovaná hmota [kg].

$$Z = a \sqrt{(m_1 \cdot \sin \psi)^2 + \left(\frac{I}{r^2} \cdot \cos \psi\right)^2} \quad (3.15)$$

$$Z = 5 \sqrt{(3,5 \cdot \sin 12)^2 + \left(\frac{0,009}{0,085^2} \cdot \cos 12\right)^2}$$

$$Z = 7,096 \text{ N}$$

Byla vypočtena zrychlující síla $Z = 7,096 \text{ N}$.

Výpočet redukované hmoty

$$m_r = \sqrt{(m_1 \cdot \sin \psi)^2 + \left(\frac{I}{r^2} \cdot \cos \psi\right)^2} \quad (3.16)$$

$$m_r = \sqrt{(3,5 \cdot \sin 12)^2 + \left(\frac{0,009}{0,085^2} \cdot \cos 12\right)^2}$$

$$m_r = 1,419 \text{ kg}$$

Byla vypočtena redukovaná hmota $m_r = 1,419 \text{ kg}$.

Výpočet vlastního frekvence soustavy

$$\nu = Q_2 \cdot \omega \quad (3.17)$$

$$\nu = 0,95 \cdot 100$$

$$\nu = 95 \text{ s}^{-1}$$

Kde ν je vlastní kmitočet soustavy [s^{-1}]; Q_2 – koeficient přiblížení k rezonančnímu kmitočtu [-]; ω – budící frekvence [s^{-1}].

Byla vypočtena vlastní frekvence soustavy $\nu = 95 \text{ s}^{-1}$ (Hz).

Výpočet potřebné tuhosti pružiny

$$k = \frac{m_r}{3} \cdot (2 \cdot \pi \cdot \nu)^2 \quad (3.18)$$

$$k = \frac{1,419}{3} \cdot (2 \cdot \pi \cdot 14,12)^2$$

$$k = 4269 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

Kde k je tuhost pružiny [$\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$].

Potřebná tuhost pružiny činí $k = 4269 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$.

Návrh pružiny

Výpočet kvadratického momentu průřezu

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (3.19)$$

$$J = \frac{0,03 \cdot 0,0006^3}{12}$$

$$J = 5,4 \cdot 10^{-13} \text{ m}^4$$

Kde **J** je kvadratický moment průřezu [m^4]; **b** a **h** jsou rozměry průřezu pružiny [m].

Kvadratický moment průřezu pružiny byl vypočten jako $J = 5,4 \cdot 10^{-13} \text{ m}^4$.

Výpočet tuhosti pružiny

$$k = \frac{12 \cdot E \cdot J}{l_p^3} \quad (3.20)$$

$$k = \frac{12 \cdot 185 \cdot 10^9 \cdot 5,4 \cdot 10^{-13}}{0,065^3}$$

$$k = 4365 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

Kde **E** je youngův modul pružnosti materiálu (185 GPa pro materiál – korozivzdorná ocel X10CrNi18-8) [7]; [Pa]; **l_p** – délka pružiny [m].

Tuhost použité pružiny činí $k = 4365 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$.

Výpočet budící síly

$$F_{max} = 5,65 \cdot m_r \cdot v^2 \cdot A \quad (3.21)$$

$$F_{max} = 5,65 \cdot 1,419 \cdot 95^2 \cdot 0,00015$$

$$F_{max} = 10,855 \text{ N}$$

Kde **F_{max}** je budící síla [N]; **A** – amplituda kmitů [m];

Byla vypočtena potřebná budící síla $F_{max} = 10,855 \text{ N}$. Dle tohoto parametru byly zvoleny budící cívky od společnosti Kendrion.

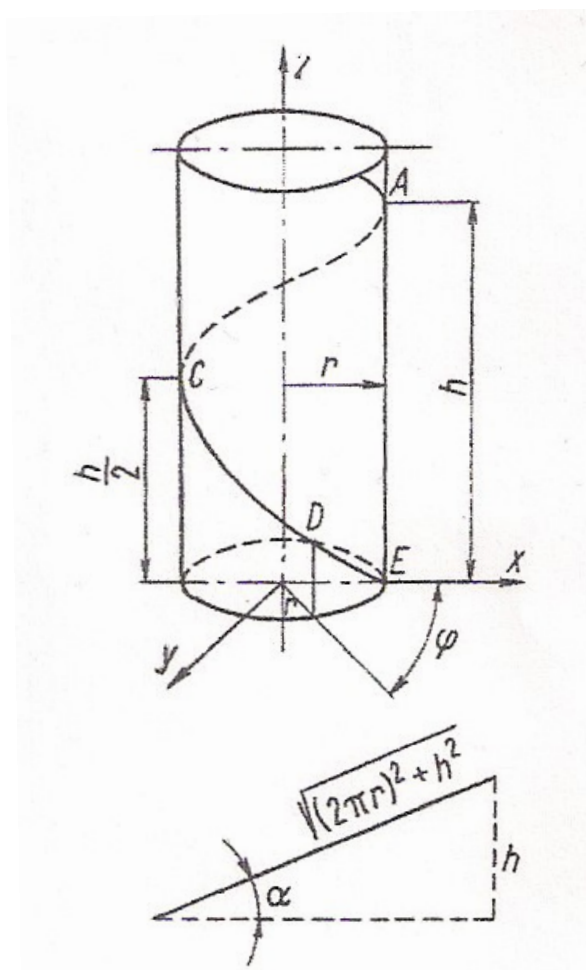
3.3 Experimentální část

1. Určení rychlosti pohybu součásti

Popis experimentu

Experiment vycházel z měření času dopravovaného dílu po dráze. Trajektorií v tomto případě byl první závit šroubovice. Předmět byl umístěn na začátek dráhy do prohlubně, stroj byl zapnut s přímo nastaveným stupněm vibrací na regulátoru tak, aby se předmět pohyboval po dráze. Byl měřen čas pohybu součásti. Měření bylo pětikrát opakováno pro každý z vhodných stupňů na regulátoru, tj. pro stupně, které uvedou předmět do pohybu a zároveň nevytvářejí nadměrný hluk. V mém případě se jednalo o stupně 4, 5, 6 a 7. Experiment byl proveden na zařízení AFAG BF20 pro dvě podobné součásti, a to šroub M6 x 20 a M4 x 20.

Výpočet délky dráhy



Obr. 28. Stoupání sroubovicové drážky [28]

$$l_D = \sqrt{(2 \cdot \pi \cdot r)^2 + (h_s^2)} \quad (3.22)$$

$$l_D = \sqrt{(2 \cdot \pi \cdot 0,08)^2 + (0,016^2)}$$

$$l_D = 0,503 \text{ m}$$

Kde l_D je délka jednoho závitu šroubovicové dráhy [m]; r - poloměr k vnitřní straně dráhy [m]; h_s – stoupání šroubovice [m];

Délka jednoho závitu šroubovicové dráhy na testovacím zařízení byla vypočtena 0,503 m.

Hodnoty naměřených časů součástí a vypočtená průměrná rychlost

Tabulka 1 Naměřené a dopočtené hodnoty pro šroub M4

Šroub M4 x 20						
Stupeň na regulátoru	čas [s]			t_s [s]	v_s [m·s ⁻¹]	Q_s [ks·s ⁻¹]
4. stupeň	24,4	23,9	26,5	24,9	0,020	0,5
5. stupeň	12,6	11,2	11,9	11,9	0,042	1,1
6. stupeň	6,5	6,3	6,8	6,5	0,077	1,9
7. stupeň	5,8	5,9	5,6	5,8	0,087	2,2

Tabulka 2 Naměřené a dopočtené hodnoty pro šroub M6

Šroub M6 x 20						
Stupeň na regulátoru	čas [s]			t_s [s]	v_s [m·s ⁻¹]	Q_s [ks·s ⁻¹]
4. stupeň	42,5	43,2	44,3	43,3	0,012	0,3
5. stupeň	10,6	12,3	12,1	11,7	0,043	1,1
6. stupeň	6,3	6,4	6,3	6,3	0,079	2,0
7. stupeň	5,2	5,4	5,2	5,3	0,096	2,4

Výpočet množství podávaných předmětů

$$Q_s = \frac{v_s}{l_0} \cdot \eta \quad (3.23)$$

$$Q_s = \frac{0,079}{0,02} \cdot 0,5$$

$$Q_s = 2 \text{ ks} \cdot \text{s}^{-1}$$

Kde Q_s je množství podávaných předmětů [ks]; l_0 – rozměr podávaného předmětu ve směru pohybu žlábků [m]; v_s – střední rychlost pohybu předmětu [$m \cdot s^{-1}$]; η – součinitel pravděpodobnosti zrychlení (doporučeno volit 0,5) [-]

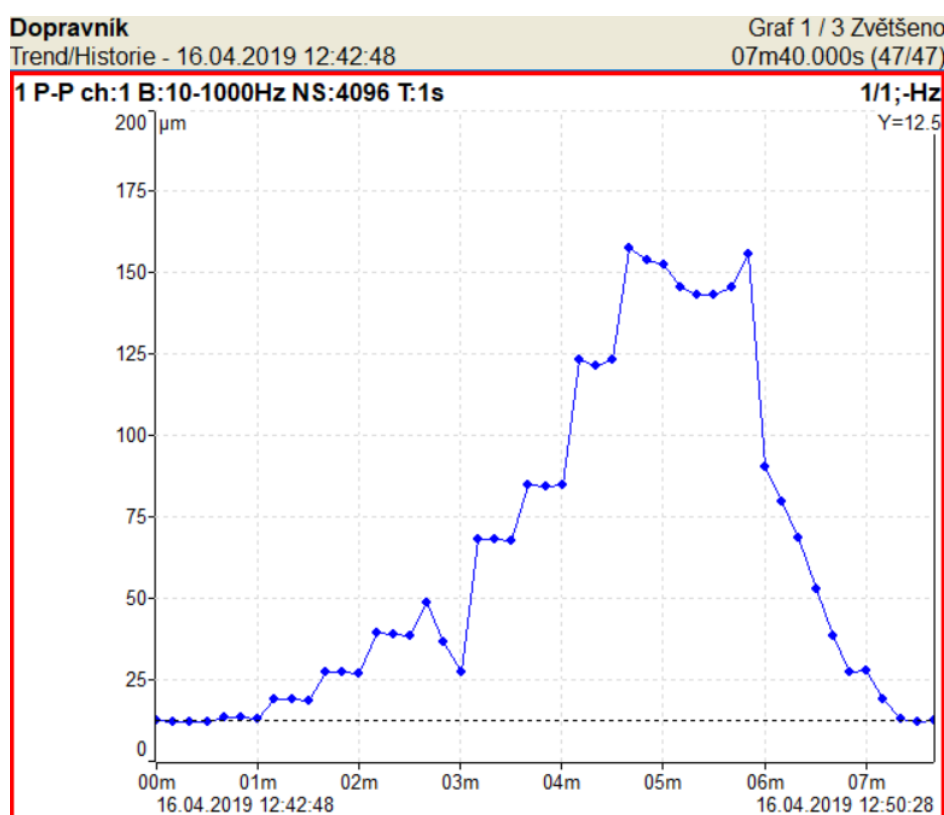
2. Měření amplitudy kmitů pro jednotlivé stupně na regulátoru

Popis experimentu

Pomocí měřicího zařízení ADASH byly změřeny vibrace existujícího zařízení firmy AFAG. Šlo o typ vibračního podavače označený jako BF 20. Cílem měření bylo zjistit reálnou amplitudu, jakou dané zařízení při provozu vyvine. Trojosý snímač vibrací byl připevněn pomocí šroubu k zásobníkové nádobě viz obrázky 38. Podavač byl zapojen do elektrické sítě a spuštěn, stejně tak byl spuštěn program na měřicím přístroji. Každý stupeň vibrací nastavovaný na regulátoru byl měřen po dobu 30 sekund. Naměřené hodnoty amplitudy jsou v tabulce 3 a pak i v obrázku 29.

Tabulka 3 Závislost amplitudy na nastavení regulátoru

Stupeň	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amplituda [μm]	12,2	13,4	19,1	27,5	39,3	46,9	68,3	84,8	118,0	158,0



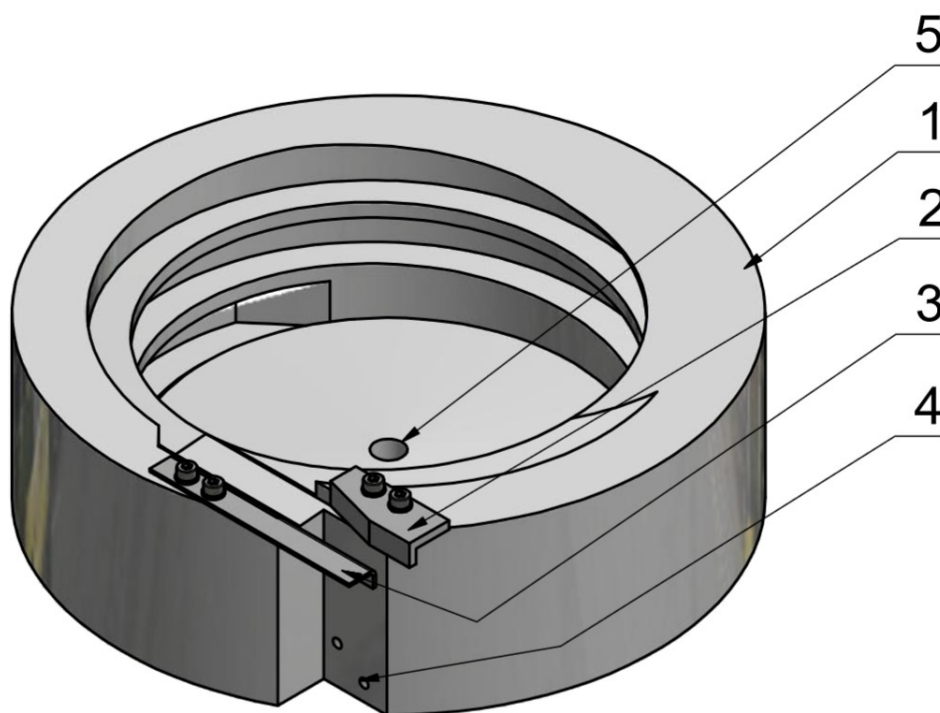
Obr. 29. Časový záznam amplitudy z měřicího zařízení ADASH

4. Řešení – konstrukční návrh

V této části práce je přiblížena samotná konstrukce vibračního podavače.

Zásobníková nádoba

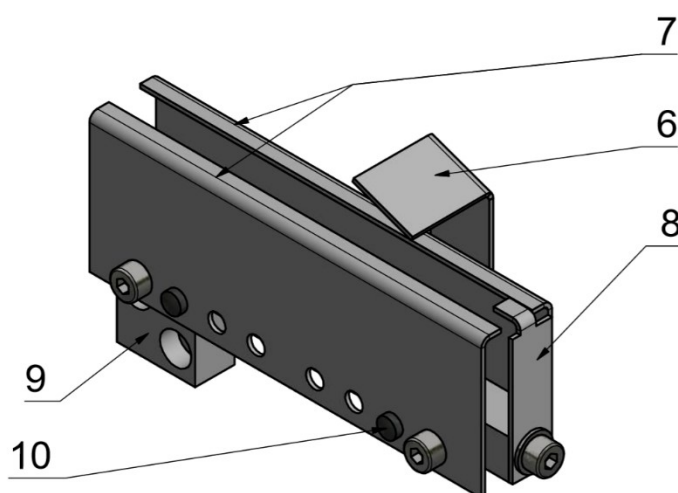
V tomto případě bude zásobníková nádoba vyrobena z plastového materiálu (POM-C). Jedná se o nádobu tvaru válce (1). Šroubovicová dráha je jednoduchý, k vnější straně skloněný žlábek pod úhlem 5° . Šroubovice je frézována pod vypočteným úhlem 11° a opíše v nádobě 3 závit. Dráha je ukončena výřezem s otvory (4) pro umístění podávacího zařízení. Vodící prvky (2) a (3) zabraňují vypadnutí součástí při opouštění zásobníkové nádoby a pomáhají je navádět do podávacího zařízení. Stejně jako jiné nádoby, tak i tady se dno svažuje od středové osy pod úhlem 5° . Zásobník je připevněn na vibrační část lícovaným šroubem M8, který prochází středovou osou nádoby (5).



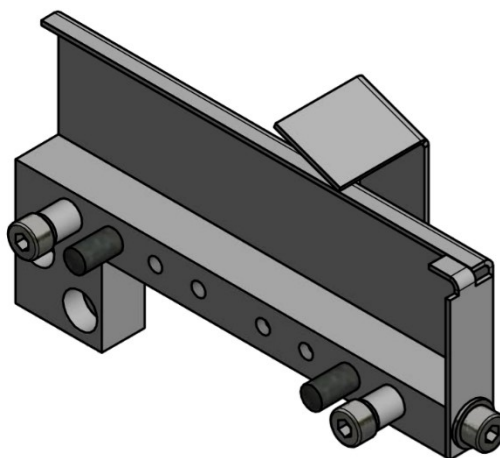
Obr. 30. Zásobníková nádoba – 1. zásobníková nádoba; 2. a 3. Vodící prvky; 4. upínací otvory pro podávací zařízení; 5. Upevňovací otvor zásobníkové nádoby

Podávací zařízení

Jedná se o podávací mechanismus pro ruční odebrání součástí. Poháněný je vibračním miskovým podavačem. Výhodou této konstrukce je možnost měnit šířku drážky mezi kolejnicami (7), a tím značně rozšířit spektrum velikostí dopravovaných šroubů. Jedna z kolejnic, ta z našeho pohledu dále, je pevná, ta blíže, je pohyblivá. Je vedena na kolících, aby byla zajištěna rovnoběžnost. Nastavování šířky se pak provádí pomocí krajních šroubů, na které jsou z vnitřní strany kolejničky nasunuty distanční podložky, které jsou viditelné na obrázku 32. Součástí je naváděcí kryt (6), který má minimální hmotnost a tvoří pouze jakousi skluzovou rovinu pro šroubovák. Na konci dráhy je umístěn dorazový prvek (8). Všechny prvky konstrukce se upínají na základnu (9).



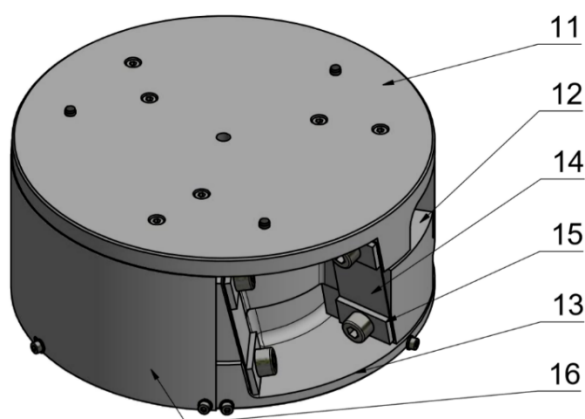
Obr. 31. Podávací zařízení (A) – 6. naváděcí kryt; 7. kolejnička; 8. dorazový prvek; 9. základna; 10. kolíky



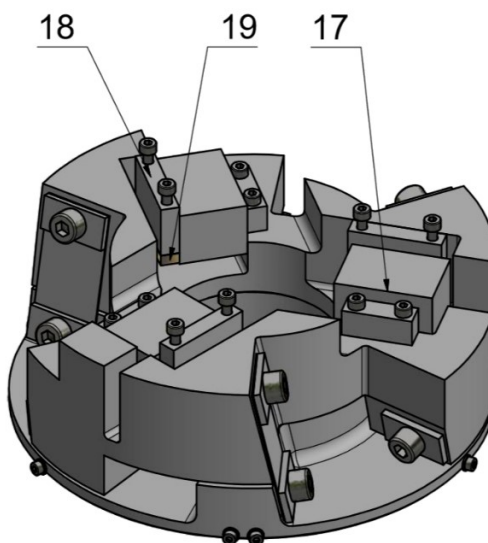
Obr. 32. Podávací zařízení (B)

Elektromagnetický budič kmitů

Část zařízení, která je zodpovědná za vytváření vibrací. Skládá se z horní základny (11), střední základny (12) a spodní základny (13). Horní základna je připevněna na střední základnu, stejně jako střední základna se základnou spodní. Vše je propojeno pomocí listových pružin tloušťky 0,6 mm (14), které jsou upevněny přes podložky (15). Pružiny mají definovanou tuhost $k = 4365 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$, která byla ověřena výpočtem. Ve spodní části horní základny nalezneme ocelové prvky (18), které jsou připevněny pomocí prvků (19). Jde o jádra elektromagnetu, která jsou přitahována budiči (17), připevněnými na střední základně. Po obvodu budiče jsou upevněny 3 hliníkové kryty (16). Ze spodní strany spodní základny jsou přišroubovány pryžové nožky, které brání posunu zařízení [7].



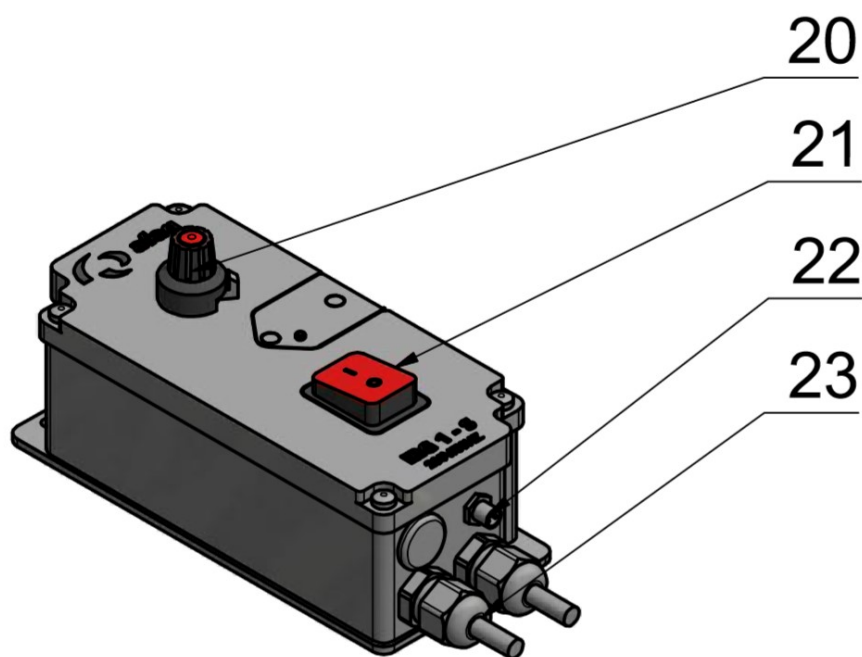
Obr. 33. Elektromagnetický budič kmitů (A) – 11. horní základna; 12. střední základna; 13. spodní základna; 14. pružiny; 15. podložka; 16. kryt



Obr. 34. Elektromagnetický budič kmitů (B) – 17. budič; 18. jádro elektromagnetu; 19. upevňovací prvek jádra

Regulátor kmitů

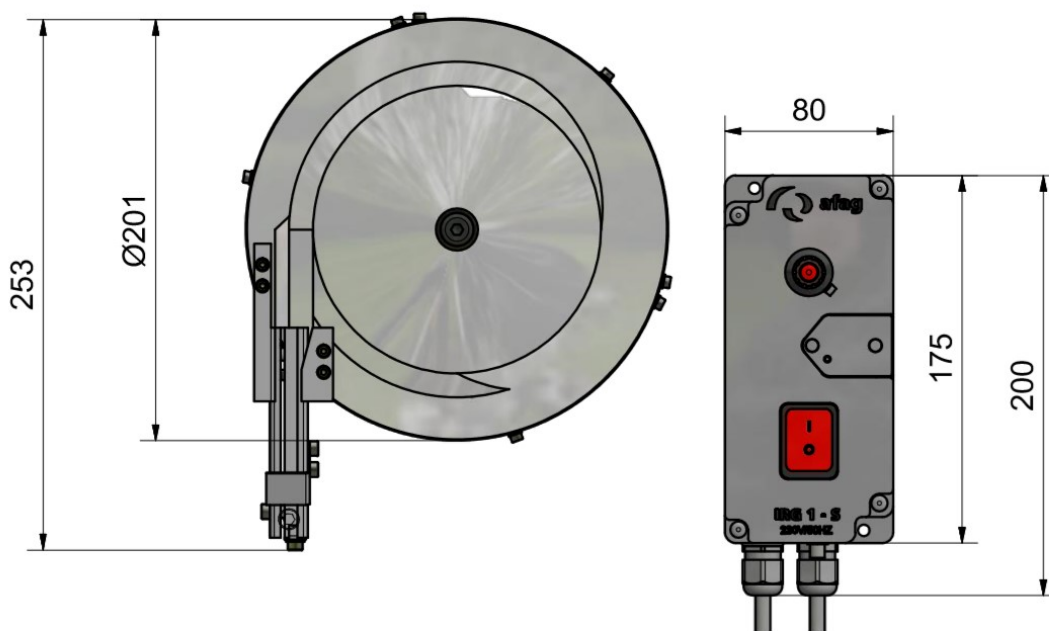
Regulátor zodpovídá za řízení podavače, díky němu je možno uvést zařízení do chodu, případně měnit rychlost podávaných součástí. Zařízení je uvedeno do provozu hlavním vypínačem (21). Prvek (22) umožňuje propojit regulátor s jiným strojem v rámci pracoviště. Napětí je vedeno kabely (23). Regulátory jsou napájeny nejčastěji střídavým napětím 230V/50Hz nebo 115V/60Hz. Následně pak záleží na nastaveném režimu práce, který může být buďto půl-vlnový nebo celo-vlnový. Pro druhý zmíněný režim platí, že budicí frekvence zařízení je 100 Hz. Podavače pracující v celo-vlnovém režimu pracují v pásmu (6000 – 7200 vibrací za minutu), v půl-vlnovém režimu je to pak (3000 – 36000 vibrací za minutu). Režim práce lze u některých regulátorů přepínat, u jiných je pevně daný. Pro plynulý pohyb v pracovním pásmu a nastavení užité rychlosti podávání jsou regulátory vybaveny otočným potenciometrem (20), kterým lze měnit výstupní napětí, které ovlivňuje sílu elektromagnetů v podavači [5, 8].



Obr. 35. Regulátor – 20. potenciometr; 21. hlavní vypínač; 22. propojovací prvek;
23. napájecí kabely

Provoz a údržba zařízení

Zařízení není příliš náročné na údržbu, za standardních podmínek dokáže pracovat dlouhodobě. Náchylnými prvky zařízení jsou pouze pružiny. Ty je třeba udržovat čisté a suché. Znečištění nebo případné namazání má negativní účinek na vývoj vibrací. V případě, že zde objevíme korozi nebo mechanické poškození, jehož příčinou může být únava materiálu, je nutné pružinu vyměnit kus za kus. Při samotné výměně je třeba postupovat systematicky. Je dovoleno mít odmontováno pouze jeden pružinový úchyt, ten vyměnit a až poté se pustit do dalšího. Před prvním uvedením zařízení do provozu je nutno nastavit vůle mezi funkčními prvky, s čímž nám mohou pomoci kalibry. Při ladění stroje je třeba dbát i na utažení šroubů, ty je nutno povolit nebo přitáhnout dle pohybu součástí v zásobníkové nádobě. Orientační rozměry zařízení jsou na obrázku 35 [5].



Obr. 36. Vibrační miskový podavač

5. Závěr

Tato diplomová práce je zaměřena na vibrační podavače, speciálně jde o vibrační miskový podavač s elektromagnetickým budičem kmitů, který se používá především na pracovištích automatizovaných linek, kde pomáhá s podáváním součástí při montážních operacích. Miskový vibrační podavač dávkuje, orientuje a usnadňuje odebírání součástí.

V rešeršní části se zabývám druhy podavačů jako takovými, druhy vibračních podavačů, včetně způsobu vyvození vibrací, kdy poukazují na možnost použití nuceného pohonu, mechanického budiče kmitů nebo budiče kmitů elektromagnetického. V krátkosti se zmiňuji o typech zásobníkových nádob i podávaných dílů. Součástí práce je variantní řešení podávacích mechanismů, a to jak mechanických, tak automatických, které jsem zkonstruoval jako možnou alternativu k základnímu modelu podavače. V závěrečné části rešerše nalezneme seznámení s tuzemskými a světovými firmami, které mají vibrační podavače ve svém portfoliu výrobků. Na úplném konci této části jsem vybral některé patenty s touto tematikou, které jsem krátce popsal.

V analytické části popisné jsem podrobněji specifikoval jednotlivé součásti daného zařízení. Část výpočtová zahrnuje především parametry pružiny a drážky zásobníkové nádoby, výsledky se následně promítly do samotného konstrukčního návrhu. Třetí a poslední část analýzy je věnována dvěma experimentům, a to určení rychlosti pohybu součástí a měření amplitudy kmitů. Oba experimenty jsem provedl v laboratoři technické diagnostiky na podobném typu zařízení od firmy AFAG, přestože pro uchycení snímače bylo nutno vytvořit specifický spojovací prvek, nakonec experimenty vyšly a s výsledky jsem byl spokojen.

V závěrečné části mé diplomové práce jsem provedl konstrukční návrh zařízení. Na základě konzultací s firmou DERUTEX s.r.o., zabývající se jednoúčelovými stroji, byl vytvořen model přístroje, který nejlépe odpovídá reálným možnostem využití v praxi. Pro výběr elektromagnetických budičů jsem oslovil firmu Kendrion s.r.o., která mi doporučila nejvhodnější ze svých produktů. Zásobníkovou nádobu i podavač jsem navrhl především s ohledem na jednoduchost a funkčnost. Celý technický návrh je podložen analytickými výpočty.

Posledním bodem mé práce je výkresová dokumentace, která může sloužit jako podklad pro reálnou výrobu zařízení. Dokumentace byla zpracována dle standardů firmy DERUTEX s.r.o. a je součástí mé diplomové práce.

6. Seznam použitých značek a symbolů

A	amplituda kmitů	[m]
a	zrychlení předmětu	[m·s ⁻²]
a _h	složka zrychlení v horizontálním směru	[m·s ⁻²]
a _v	složka zrychlení ve vertikálním směru	[m·s ⁻²]
B	šířka žlábků	[m]
b	rozměr průřezu pružiny	[m]
C	vůle mezi předmětem a vnitřní stěnou	[m]
D	průměr nebo šířka předmětu	[m]
D _s	střední průměr žlábků	[m]
E	youngův modul pružnosti materiálu	[Pa]
F	posouvající síla	[N]
F _{max}	budící síla	[N]
F _t	třecí síla	[N]
f	součinitel tření mezi povrchy	[-]
G	tíha předmětu	[N]
g	tíhové zrychlení	[m·s ⁻²]
h	rozměr průřezu pružiny	[m]
h _s	stoupání šroubovice	[m]
I	moment setrvačnosti zásobníkové nádoby vztažený k její ose otáčení	[kg·m ²]
k	tuhost pružiny	[N·m ⁻¹]
l	délka předmětu	[m]
l _D	délka jednoho závitu šroubovicové dráhy	[m]
l _p	délka pružiny	[m]
l ₀	rozměr podávaného předmětu ve směru pohybu žlábků	[m]
m	hmotnost předmětu	[kg]
m _r	redukováná hmota	[kg]

m_1	hmotnost částí zavěšených na pružinách	[kg]
Q_s	množství podávaných předmětů	[ks]
Q_1	návrhový koeficient	[-]
Q_2	koeficient přiblížení k rezonančnímu kmitočtu	[-]
R	poloměr zakřivení vnitřní strany vnější bočnice žlábků	[m]
R_s	střední poloměr žlábků	[m]
r	poloměr k vnitřní straně dráhy	[m]
r_p	poloměr upnutí pružin	[m]
S	výška oblouku nad předmětem	[m]
ν	vlastní kmitočet soustavy	[s ⁻¹]
v_s	střední rychlost pohybu předmětu	[m·s ⁻¹]
Z	zrychlující síla	[N]
Z_h	složka zrychlující síly v horizontálním směru	[N]
Z_v	složka zrychlující síly ve vertikálním směru	[N]
β	úhel stoupání drážky v zásobníkové nádobě	[°]
η	součinitel pravděpodobnosti zrychlení	[-]
ψ	úhel sklonu pružin	[°]
Ω	budící frekvence	[s ⁻¹]

7. Seznam použité literatury a zdroje informací

7.1 Literatura

- [1] PEŠAT, Zdeněk. *Manipulace s materiálem v hutích*. Část 1. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1992. ISBN 80-7078-107-6.
- [2] POLÁK, Jaromír, Karel BAILOTTI, Jiří PAVLISKA a Leopold HRABOVSKÝ. *Dopravní a manipulační zařízení II*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2003. ISBN 80-248-0493-X.
- [3] CHVÁLA, Břetislav a Josef VOTAVA. *Přípravky a podávací zařízení*. Praha: České vysoké učení technické, 1980.
- [4] CHVÁLA, Břetislav, Josef NEDBAL a Gejza DUNAY. *Automatizace*. Vyd. 2., nezm. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987.
- [5] *Vibrační spirálový podavač (typ KWF): Návod k použití*. Rev 1.0 CZ. Wernher-von-Braun-Str. 5a, D - 92224 Amberg, Germany, 2004. Dostupné také z: www.afag.cz
- [6] TMEJOVÁ, T. Konstrukční návrh automatického podavače šroubů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 46 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Kryštof Dočkal.
- [7] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš, ed. *Konstruování strojních součástí*. V Brně: VUTUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN ISBN978-80-214-2629-0.
- [8] Phase angle controller IRG 1-S: Translation of operating and installation instructions. *Afag Automation AG* [online]. Afag GmbH; D-92224 Amberg; Germany: Afag, 2019, 2017-07-31 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://www.afag.com/fileadmin/user_upload/afag/Produkte/ZTK/PDF-Files/IRG1-S_OI_EN.pdf

7.2 Patenty

- [9] KRELL, Helmut. *Linear-vibratory conveyo: Vibrační lineární dopravník*. Spolková republika Německo. CZ/EP 1460006 T3 EP - mezinárodní. Uděleno 03.05.2006. Zapsáno 14.06.2006.
- [10] HRUBEŠ, František. *Elektromagnetický vibrační dopravník*. Československo. CZ 123277 Neurčeno. Uděleno 15.06.1967. Zapsáno 15.06.1967.
- [11] JEKL, Pavel.ing. *Elektromagnetický vibrační dopravník*. Československo. CZ 174977 PV československá s žádostí o udělení AO. Uděleno 15.11.1978. Zapsáno 15.11.1978.
- [12] ČÁP, Miroslav Ing., Josef STRAKA, Jindřich Ing. ŠOLC a František doc. Ing. CSc. VOTÍPKA. *Vertikální vibrační dopravník*. Československo. CZ 249321 Neurčeno. Uděleno 14.8.1986. Zapsáno 15.1.1988.
- [13] NĚMEČEK, Pavel Doc. Dr. Ing., Marek Ing. PEŠÍK a Hana Ing. DUŠKOVÁ. *Kruhový vibrační dopravník: Circular vibration conveyor*. 2011. Česká republika. CZ 22544 U1 PUV - národní s žádostí o zapsání do rejstříku. Uděleno 10.08.2011. Zapsáno 01.08.2011.

7.3 Obrázky

- [1] ASD UK PLUG: Automatic screw dispenser. In: *Dessoutter Industrial Tools* [online]. 2019, 2019 [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <https://www.dessouttertools.com/tools/10000/accessories/11100/optimized-workstations/11016/asd-automatic-screw-dispenser/p/6158104720/asd-uk-plug>
- [2] OM - 26R: Automatic screw feeder. In: *OHTAKE - ROOT KOGYO CO., Ltd.* [online]. Japan, 2019, 2017 [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: http://www.avvitare.it/MANUALI/OM-26R_en.pdf
- [3] Linear feeder. In: *Wibro Feed Tech & Automation Centre Pvt Ltd.* [online]. India, Germany, 2013, 2013 [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <http://wibrofeedingautomation.com/Linear-Feeder.html>
- [4] Electromagnetic vibrating systems. In: *Kendrion GmbH, Industrial Magnetic Systems* [online]. Germany, 2019, 2019 [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <https://www.kendrion.com/attachment/IMS/ims-Kendrion-vibrating-solenoids-Oscillating-Line-en.pdf>
- [5] A vibratory bowl feeder. In: *The Hong Kong University of Science and Technology: Department of industrial engineering and decision analytics* [online]. Hong Kong, 2019, 2017 [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <https://ieda.ust.hk/dfaculty/ajay/courses/ieem513/MassCust/lecMC.html>
- [6] Nucený pohon. PEŠAT, Zdeněk doc. Ing. CSc. *Manipulace s materiálem v hutích: 1. část.* Dotisk. Ostrava: VŠB - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 1992, s. 143. ISBN 80-7078-107-6.
- [7] Pohon mechanickým budičem kmitů. PEŠAT, Zdeněk doc. Ing. CSc. *Manipulace s materiálem v hutích: 1. část.* Dotisk. Ostrava: VŠB - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 1992, s. 143. ISBN 80-7078-107-6.
- [8] Pohon s elektromagnetickým budičem kmitů. PEŠAT, Zdeněk doc. Ing. CSc. *Manipulace s materiálem v hutích: 1. část.* Dotisk. Ostrava: VŠB - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 1992, s. 144. ISBN 80-7078-107-6.
- [9] Vibrační kruhové zásobníky. In: *Deskové a vibrační dopravníky* [online]. 2019 [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <http://www.deskovedopravniky.cz/vibracni-kruhove-zasobniky.html>
- [10] Bowl feeder: What is a bowl feeder? How does it work?. In: *RNA Automation Limited* [online]. 2019 [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <https://www.maaautomation.com/blog/bowl-feeder-work/>
- [11] Obrobky rotačního tvaru. CHVÁLA, Břetislav prof. Ing. DrSc. a Josef doc. Ing. CSc. VOTAVA. *Přípravky a podávací zařízení.* Dotisk. Praha 1: Ediční středisko ČVUT, 1984, s. 195.

- [12] Obrobky rotačního tvaru. CHVÁLA, Břetislav prof. Ing. DrSc. a Josef doc. Ing. CSc VOTAVA. *Přípravky a podávací zařízení*. Dotisk. Praha 1: Ediční středisko ČVUT, 1984, s. 196.
- [16] Vibrační pohony: Kruhové - typ C. In: Vondra a Vondra s.r.o. [online]. 2019, 2011 [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <http://www.vondra-vondra.cz/cz/katalog/28-vibracni-pohony/228-kruhove-typ-c/>
- [17] KRELL, Helmut. Vibrační lineární dopravník. *Úřad průmyslového vlastnictví* [online]. Česká republika, 2008 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://isdv.upv.cz/doc/FullFiles/EP/ep1460006.pdf>
- [18] HRUBEŠ, František. Elektromagnetický vibrační dopravník. *Úřad průmyslového vlastnictví* [online]. Česká republika, 2008 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://isdv.upv.cz/doc/FullFiles/Patents/FullDocuments/123/123277.pdf>
- [19] JEKL, Pavel. Ing. Vibrační podavač. *Úřad průmyslového vlastnictví* [online]. Česká republika, 2008 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://isdv.upv.cz/doc/FullFiles/Patents/FullDocuments/174/174977.pdf>
- [20] Miroslav ing. ČÁP, Josef STRAKA a František doc. ing. CSc VOTÍPKA. Vertikální vibrační dopravník. *Úřad průmyslového vlastnictví*[online]. Česká republika, 2008 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://isdv.upv.cz/doc/FullFiles/Patents/FullDocuments/249/249321.pdf>
- [21] Pavel Doc. Dr. Ing. NĚMEČEK, Hana Ing. DUŠKOVÁ a Marek Ing. Kruhový vibrační dopravník. *Úřad průmyslového vlastnictví*[online]. Česká republika, 2008 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://isdv.upv.cz/doc/FullFiles/UtilityModels/FullDocuments/FDUM0022/uv022544.pdf>
- [25] Určení základních rozměrů zakřivených žlábků. CHVÁLA, Břetislav, Josef NEDBAL a Gejza DUNAY. *Automatizace*. Vyd. 2., nezm. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987, s. 130.
- [26] Vibrační dopravníky. CHVÁLA, Břetislav, Josef NEDBAL a Gejza DUNAY. *Automatizace*. Vyd. 2., nezm. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987, s. 304.
- [27] Vibrační žlábkové a násypky. CHVÁLA, Břetislav, Josef NEDBAL a Gejza DUNAY. *Automatizace*. Vyd. 2., nezm. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987, s. 147.
- [28] Šroubovitě žlábkové. CHVÁLA, Břetislav, Josef NEDBAL a Gejza DUNAY. *Automatizace*. Vyd. 2., nezm. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987, s. 143.

8. Seznam výkresové dokumentace

20190001.00 - Miskovy vibr. podavac

20190001.01.00 - vibrační pohon

20190001.01.01 – těleso 01

20190001.01.02 – těleso 02

20190001.01.03 - disk

20190001.01.04 - kryt

20190001.01.05 - jádro

20190001.01.06 – držák jádra

20190001.01.07 - pružina

20190001.01.08 – podložka 01

20190001.02.00 - zásobníková nádoba sest.

20190001.02.01 – zásobníková nádoba

20190001.02.02 – vodítko 01

20190001.02.03 – vodítko 02

20190001.03.00 - podávací mech.

20190001.03.01 - základna

20190001.03.02 – kolejničky

20190001.03.03 – dist. kroužek

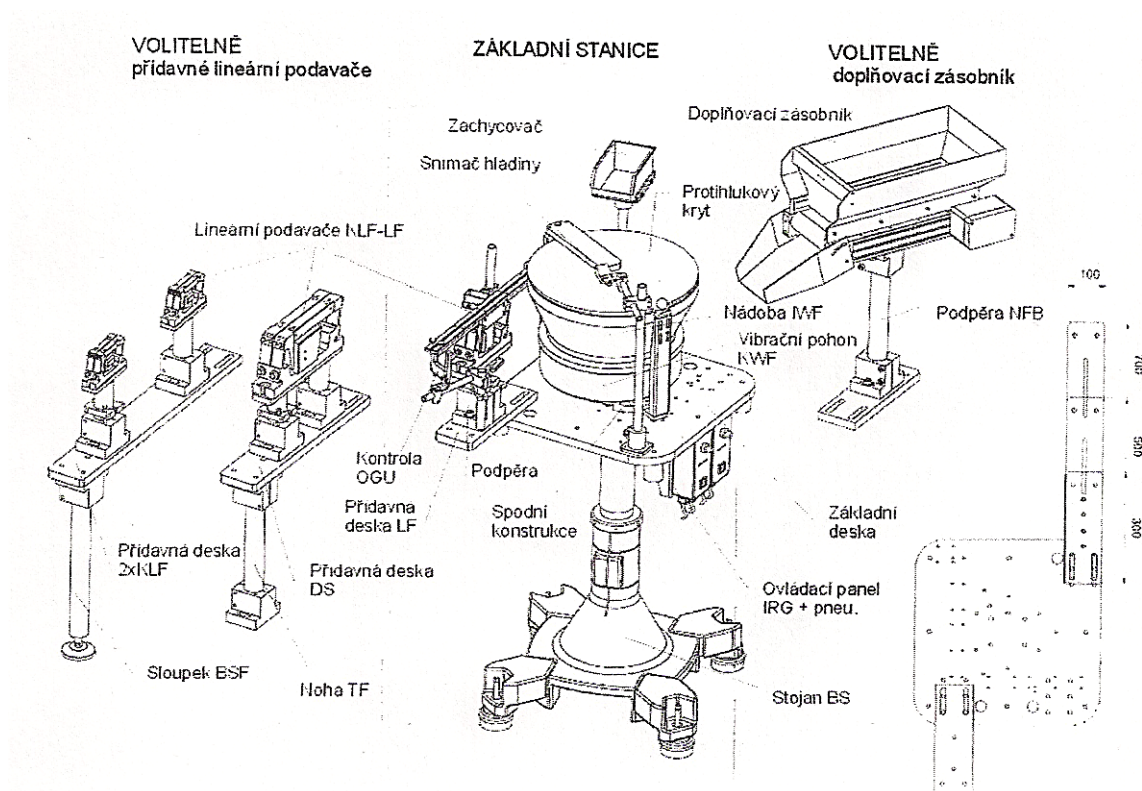
20190001.03.04 – doraz

20190001.03.05 – kryt

9. Přílohy



Obr. 37. Foto z měření



Obr. 38. Další možnosti rozšíření

Vibrační spirálový podavač (typ KWF): Návod k použití. Rev 1.0 CZ. Wernher-von-Braun-Str. 5a, D - 92224 Amberg, Germany, 2004. Dostupné také z: www.afag.cz; s. 17.